



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA

Plan De Mantenimiento Preventivo Para Aumentar La Confiabilidad Y
Disponibilidad De Equipos En Desmeduladora Moist - Empresa Trupal
S.A.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

Torres Gonzales, Gustavo Fidel (ORCID: 0000-0001-8920-5384)

ASESOR:

Mg. Julca Verastegui, Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por darme la bendición de tener el conocimiento para poder alcanzar mis metas profesionales, a mi madre que siempre me motivó a crecer en todo sentido, a mi padre que a pesar de no estar físicamente conmigo me enseñó que con esfuerzo y dedicación todo es posible, a mi padre político por apoyarme en todo mi camino y a mi esposa por ser mi apoyo incondicional en este largo camino, a mis hijos adorados y a mis hermanos que amo mucho.

Agradecimiento

A Dios por darme salud para alcanzar mis metas y por todo lo bueno y lo malo que me ha brindado.

A mis padres Agustina y Fidel y padre político Valdemar, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado en el transcurso de mi vida y mis hermanos Lalo y Kike por ser mis primeros amigos.

A mi esposa Helen por su apoyo incondicional en el desarrollo de mi vida profesional y personal, a mis hijos Joaquin y Madison que son mi motivo de superación.

Al Ingeniero Luis Alberto Julca Verastegui por su guía y consejo en el desarrollo de mi tesis, ingeniero y amigo Rubén Barboza y compañeros de trabajo de la empresa Trupal S.A. por su colaboración.

Índice de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y Diseño de Investigación:.....	19
3.2. Variables, Operacionalización.	19
3.3. Población, muestra y muestreo.	22
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.....	23
3.5. Procedimientos:.....	23
3.6. Método de análisis de datos	25
3.7. Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS.....	26
4.1. Condición actual de operación de la desmeduladora Moist.....	27
4.1.1. Diagrama de Flujo de la desmeduladora Moist	27
4.1.2. Evaluación de condición de equipos.	29
4.1.3. Fallas de equipos en base a los indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad de Enero – Agosto 2020.	32
4.2. Analizamos equipos críticos de la Desmeduladora Moist.....	35
4.3. Elaboración de plan de mantenimiento preventivo.	37
4.3.1. Contexto conceptual de los equipos críticos.	37
4.3.2. Análisis de fallas críticas mediante el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)	42
4.3.3. Evaluación de fallas críticas por medio de la metodología de los 5 Por qué.....	50

4.3.4. Recomendaciones propuestas a fallas de equipos críticos.....	61
4.3.5. Elaboración de Plan de Mantenimiento.....	65
4.4. Nuevos indicadores de disponibilidad y confiabilidad comparados con indicadores iniciales.....	69
4.4.1. Nuevos indicadores después de plan de mantenimiento.	69
4.5. Cuadros económicos de la aplicación del plan de mantenimiento.	70
4.5.1. Beneficio económico por reducción de horas perdidas.	71
4.5.2. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo.....	72
4.5.3. Beneficio Útil del Plan de Mantenimiento.	77
4.5.4. Retorno Operacional de la Inversión.	78
v. DISCUSIÓN	79
vi. CONCLUSIONES	83
vii. RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS	92

Índice de Tablas

Tabla 1. Modelo de descripción de modo de falla.	17
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	20
Tabla 3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	23
Tabla 4. Indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad.	34
Tabla 5. Ponderaciones para análisis.	35
Tabla 6. Análisis de Criticidad de Equipos de la Desmeduladora Moist.....	36
Tabla 7. Matriz de Criticidad.....	37
Tabla 8. Rangos de Criticidad.	37
Tabla 9. Cuadro AMEF para fallas preponderantes Conductor inclinado de Bagazo.	42
Tabla 10. Valor de Prioridades de Riesgo (NPR).....	45
Tabla 11. Análisis de Prioridades de Riesgo (NPR)	45
Tabla 12. Cuadro AMEF para fallas preponderantes para Molino Desmedulador.	47
Tabla 13. Valor de Prioridades de Riesgo (NPR).....	49
Tabla 14. Análisis de Prioridades de Riesgo (NPR)	49
Tabla 15. Cuadro de análisis de fallas por método de los 5 por qué.	51
Tabla 16. Cuadro de análisis de fallas por método de los 5 por qué.	57
Tabla 17. Plan de Mantenimiento para equipos.	66
Tabla 18. Cuadro comparativo de indicadores iniciales y actuales.	70
Tabla 19. Valor económico de reducción de horas perdidas.....	72
Tabla 20. Costos de repuestos necesarios para plan de mantenimiento preventivo.	73
Tabla 21. Costo de herramientas.	74
Tabla 22. Costo de Mano de Obra	76
Tabla 23. Costos de Capacitaciones.....	77
Tabla 24. Resumen de Costos de Plan de Mantenimiento	77

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución del mantenimiento.	11
Figura 2. Evolución de técnicas del mantenimiento.	11
Figura 3. Gestión del mantenimiento.....	12
Figura 5. Diagrama de Flujo Desmeduladora Moist	28
Figura 6. Captura de pantalla de lista de órdenes y operaciones de trabajo de sistema SAP	29
Figura 7. Captura de pantalla de Aviso de Falla.....	30
Figura 8. Captura de pantalla de Orden de Mantenimiento.....	31
Figura 9. Conductor Inclinado de Bagazo (CIB)	39
Figura 10. Ficha Técnica del Conductor Inclinado de Bagazo	39
Figura 11. Molino Desmedulador	41
Figura 12. Ficha Técnica del Molino Desmedulador de Bagazo	41
Figura 13. Oreja de amarre de paleta	53
Figura 14. Oreja de amarre de paleta	54
Figura 15. Ficha de rotura de aditamento de cadena.	55
Figura 16. Ficha de rotura de aditamento de cadena.	61
Figura 17. Oreja soporte de paleta.....	63

Resumen

En el presente trabajo de tesis, se realizó un estudio de las condiciones de operación de los equipos que intervienen en el proceso de desmedulado de bagazo con la finalidad de mejorar el tiempo de operación. La investigación se inició con la recopilación de datos (software SAP, cuadernos de reportes de operación) de horas de trabajo, posteriormente con el procesamiento de los datos en hojas de cálculo se pudo conocer la condición actual de operación de los equipos por medio de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, los equipos estudiados fueron el conductor inclinado de bagazo (CIB), molino desmedulador 01 y molino desmedulador 03, con sus valores de disponibilidad de 81.29%, 66% y 74.41% y confiabilidad de 91.05%, 77.39% y 76.29% respectivamente. Se hizo uso de la herramienta de análisis de criticidad en todos los equipos con lo cual se estableció que 3 equipos presentan una alta criticidad, eso dio pase para el análisis de fallas con el uso de las herramientas de análisis de modo y efectos de falla (AMEF) y de los 5 por ques, se empleó para saber las causas de las fallas de mayor riesgo en el proceso. Con el uso del número prioritario de riesgos (NPR) se analizaron cuáles son las fallas más preponderantes en los equipos para que de ese modo se pueda elaborar el plan de mantenimiento. Luego de aplicado el plan de mantenimiento preventivo proyectado, se recopiló los nuevos valores de indicadores de los equipos estudiados, que en este caso se obtuvo una disponibilidad de 86.90%, 81.11% y 85.78 y la confiabilidad de 91.60%, 81.18% y 79.07% respectivamente. La inversión en repuestos y herramientas para garantizar la buena operación de los equipos es de S/524,247.50 soles y S/65,080.00 soles respectivamente, lo que se refleja en un ahorro económico luego de aplicado el plan de mantenimiento en los 3 equipos de S/ 2,293,813.00 soles.

Palabras claves: Disponibilidad, Confiabilidad, Análisis de Modo y Efectos de Falla, Plan de Mantenimiento Preventivo, Falla de equipos

Abstract

In the present thesis work, a study of the operating conditions of the equipment that intervenes in the bagasse demedullary process was carried out in order to improve the operating time. The investigation began with the collection of data (SAP software, operation report notebooks) of working hours, later with the processing of the data in spreadsheets, it was possible to know the current operating condition of the equipment through the availability and reliability indicators, the equipment studied were the inclined bagasse conductor (CIB), demedulating mill 01 and demedulating mill 03, with their availability values of 81.29%, 66% and 74.41% and reliability of 91.05%, 77.39% and 76.29% respectively. The criticality analysis tool was used in all the equipment, with which it was established that 3 equipment presents high criticality, which gave way to the failure analysis with the use of the failure mode and effects analysis tools (FMEA) and of the 5 why, it was used to find out the causes of the most risky failures in the process. With the use of the priority number of risks (PRN), they were analyzed to emit are the most prevalent failures in the equipment so that in this way the maintenance plan can be prepared. After applying the projected preventive maintenance plan, the new indicator values of the equipment studied were collected, which in this case obtained an availability of 86.90%, 81.11% and 85.78 and the reliability of 91.60%, 81.18% and 79.07% respectively. The investment in spare parts and tools to guarantee the proper operation of the equipment is S / 524,247.50 soles and S / 65,080.00 soles respectively, which is reflected in an economic saving after applying the maintenance plan in the 3 equipment of S / 2,293,813.00 soles.

Keywords: Availability, Reliability, Failure Mode and Effects Analysis, Preventive Maintenance Plan, Equipment Failure.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas cuentan con equipos bien complejos que permiten obtener una mayor producción en los diferentes rubros industriales. Por lo tanto, al ser equipos más costosos y con una mayor exigencia en tema de cuidados que permitan garantizar una mayor cantidad de horas de trabajo, es por consiguiente que las empresas en la actualidad han optado por sumarse a la tendencia de poder cubrir tales exigencias en tema de cuidados, el cual se basa en la aplicación del mantenimiento preventivo, dando como resultado el reducir el tiempo de equipos parados necesarios para la producción.

El mantenimiento ha tenido varias generaciones en el transcurso de la historia y siempre se ha adecuado a la dependencia de las condiciones de la época (Depestre Linares, 2012).

En América Latina, donde se cuenta con países en proceso de desarrollo, el crecimiento industrial no solo se puede definir por: i) mayor inversión en zonas de trabajo, ii) la necesidad de tener nueva tecnología. Lo adecuado y más resaltante en América Latina, sería que con las instalaciones que ya se tienen, hacer un uso adecuado y efectivo del mismo, en donde la aplicación de un mantenimiento técnico, eficaz, económico y seguro sea parte fundamental en el proceso (Palencia, 2011).

En Perú, la influencia del mantenimiento preventivo se ha hecho cada vez más fuerte en los diferentes rubros industriales, caso particular es lo que sucede en el rubro de papeles y cartones, donde hay una empresa con más de 50 años de operaciones donde es todo lo contrario.

Trupal S.A., es una industria papelera que actualmente no cuenta con un plan de mantenimiento adecuado en algunas de sus plantas, ocasionando paradas de producción imprevistas a causa de fallas en máquinas de “planta de pulpa 08”. En la actualidad, el no contar con un mantenimiento preventivo es algo frecuente en los equipos de planta, por lo que se ha convertido en un costo operativo demasiado alto y, por lo tanto, el costo por tonelada de papel producido es mayor en comparación con otras empresas en el campo.

Trupal S.A. es una empresa ubicada a 500 metros del litoral aproximadamente. Los equipos en planta sufren de un deterioro prematuro a causa de la brisa del ambiente que resulta ser muy corrosivo.

Desde que inicia el proceso de desmedulado con la recepción del bagazo de caña de azúcar en el conductor horizontal de paletas, siempre se ha tenido el problema de las paradas imprevistas que se han ido dando por no hacer seguimiento a los trabajos de mantenimiento o por el difícil acceso que se tiene a ello, los mismos problemas se presentan en varios equipos de la desmeduladora Moist, pero el mayor problema que hay, surge en los llamados molinos desmeduladores, equipos que son los que tienen la mayor complejidad de operación, siendo necesario una mayor atención en su cronograma de mantenimiento.

Con los problemas que están surgiendo por la falta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Trupal S.A. surge la siguiente pregunta: ¿Cómo aumentar la disponibilidad y confiabilidad en los equipos de la desmeduladora Moist de la empresa Trupal S.A. con la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo?

Por lo expuesto, el presente plan de mantenimiento preventivo, tiene como propósito el poder minimizar los gastos por mantenimiento que son ocasionados por paradas imprevistas. Lo que se quiere lograr con la propuesta, es tener una mejor producción en planta de pulpa 8 y por consiguiente una mayor venta de pulpa de bagazo a máquina papelera 7.

Para la realización del plan de mantenimiento preventivo en la empresa Trupal S.A., se ha tomado en consideración las siguientes justificaciones:

Tiene como justificación teórica, el conocimiento y aplicación de herramientas en la gestión del mantenimiento con la finalidad de mejorar la producción de la desmeduladora Moist y la reducción de costos por mantenimiento.

Tiene como justificación económica, con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se reduce la frecuencia de paradas lo que se refleja en más horas de productividad de planta y por consiguiente una mayor rentabilidad.

Tiene como justificación académica, la realización del plan de mantenimiento preventivo permite aplicar los conocimientos adquiridos en la vida universitaria y también el conocimiento de las diferentes herramientas en la gestión del mantenimiento.

Para la formulación del plan de mantenimiento, se tiene como objetivo general, la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

A fin de poder llegar al objetivo principal con la siguiente propuesta, se ha planteado el poder realizar objetivos específicos que ayudarán hacer realidad la elaboración de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Trupal S.A.

- Evaluar la condición actual de operación de la desmeduladora Moist por medio de las variables de disponibilidad y confiabilidad.
- Analizar por medio de una matriz de frecuencia los equipos críticos de la desmeduladora Moist.
- Elaborar plan de mantenimiento preventivo por medio de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para la operación de los equipos críticos de la desmeduladora Moist.
- Analizar los resultados obtenidos luego de su posterior aplicación del plan de mantenimiento por medio de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.
- Elaborar cuadros económicos de los gastos realizados luego de aplicado el plan de mantenimiento.

II. MARCO TEÓRICO

Para la elaboración de la siguiente propuesta de plan de mantenimiento en los equipos de la desmeduladora Moist - Trupal S.A. se ha visto conveniente tener como referencia los siguientes antecedentes:

En una tesis (Caballero Lopez, 2015), el autor realizó un estudio sobre la elaboración de un software de mantenimiento para BioCastilla S.A. en dicho trabajo menciona sobre las constantes fallas que se tenía en su línea de producción y el deficiente rendimiento en los trabajos de mantenimiento de la empresa BioCastilla.

El autor luego de haber estudiado distintos métodos de planes de mantenimiento, se inclinó por el AMEF (análisis de modos y efectos de falla) y complementaron con el análisis de criticidad. Aplicado en método el autor logró organizar los trabajos de mantenimiento según su prioridad.

Luego del estudio realizado lograron crear un plan de mantenimiento con toda la data recopilada y su posterior implementación de un software para el control de las labores de mantenimiento.

En otro trabajo encontrado en la literatura, el autor (Verdezoto Alvarez, 2015), elaboró un estudio a los recurrentes problemas de la compañía ANDEC S.A., el autor menciona en su publicación que, para la toma de datos de los análisis de fallas del año 2014, realizó una encuesta a los equipos de la línea de producción, siendo más específicos a los sistemas de transmisión y equipos rotativos. Para poder priorizar el mantenimiento y su posterior monitoreo, el autor tuvo que evaluar que equipos requerían la aplicación del plan.

El autor aplicó los conceptos básicos de mantenimiento para la realización de su plan de mantenimiento. En su plan se pudo observar que el autor describió los diferentes métodos de recolección de información para la detección de fallas. Gracias al método aplicado pudo crear un plan de mantenimiento conforme a lo que requería los equipos.

El resultado fue que el 73% de las fallas mecánicas del equipo podrían evitarse aplicando un correcto plan de mantenimiento, lo que se traduciría en un ahorro anual de alrededor de \$ 90,000 y, por cierto, una mayor confiabilidad y disponibilidad del equipo con lo que podría haber aumentado la producción.

Existen algunos trabajos enfocados en analizar métodos de mantenimiento preventivo, por ejemplo, un trabajo de investigación (Rocha Avila, 2017) realizó este análisis enfocado en como repercute en la disponibilidad de equipos de la compañía Metalmecánica Gómez. El autor vio conveniente la aplicación de un estudio del método de mantenimiento preventivo con el fin de maximizar la disponibilidad de equipos.

Con su estudio el autor pudo detectar que las máquinas de soldar realizaban paradas inesperadas en su proceso de soldeo, aplicando el método del AMEF (análisis de modo de efectos de falla) se pudo diagnosticar dichas fallas en los equipos de planta.

El autor obtuvo como resultado que, entre los meses de enero a junio, la disponibilidad era del 85%, rendimiento del 13% y calidad 83%. En los meses puntuales se tomaron en cuenta porque hay mayor demanda durante la primera mitad de año.

En una tesis (Osorio Esteba, 2016), el autor realizó un estudio sobre el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora diamantina superdrill H600 de la empresa Maqpower S.A.C.

El autor elaboró un estudio ante la necesidad de una de las máquinas del proceso productivo de la compañía, la cual su función era el de tomar muestras de material a través del proceso de perforado, cabe recalcar que dicho equipo no contaba con un plan de mantenimiento preventivo en el momento del estudio.

Para hacer esto, analizó el mantenimiento que se proporcionaba actualmente a la perforadora diamantina y señaló que no tenía un plan de mantenimiento. Luego de la evaluación de la situación actual de la máquina, el autor tuvo más claro, cuales eran las necesidades de la perforadora Diamantina para tenerlo en las mejores condiciones de trabajo que lo requiera la empresa.

El autor pudo diseñar un programa de mantenimiento en donde se podía planificar trabajos, programarlos y el plan de frecuencia con el que se debe realizar los trabajos de mantenimiento en la máquina, teniendo en cuenta la estandarización del procedimiento que fue establecido anteriormente.

Usando el método de recolección de datos antes y después del programa de mantenimiento, el autor pudo presentar resultados que respaldaban su estudio. Con los resultados alcanzados se pudo verificar mediante cuadros estadísticos que el mantenimiento preventivo fue un respaldo para la disponibilidad de la perforadora Diamantina.

En una tesis (Garcia, 2018), el autor describió sobre como aumentar la confiabilidad de los equipos de la compañía Molinera San Luis, implementando un plan de mantenimiento basado en el TPM.

En el estudio realizado por el autor encontró un porcentaje elevado de paradas injustificadas de los equipos del proceso de embolsado y pilado. Para el estudio hicieron uso del análisis de criticidad, inspección visual, análisis de falla y/o documento y cálculo de OEE (eficiencia de los equipos). Para dar respaldo al presente trabajo el autor tomo muestras a 110 equipos en las áreas de transporte, tratamiento, separación, entre otros. Dando como resultado un 72.72% de tiempo operativo de los equipos y un 27.28% de tiempo perdido por equipos sin operar.

En consecuencia, el autor a raíz de los resultados ha visto conveniente la implementación del plan de mantenimiento basado en el TPM, obteniendo un aumento de la confiabilidad de la maquina en el proceso productivo, así como un 15% más en la eficiencia de la maquina y una reducción del 8% en paradas no programadas, reflejándose en un ahorro de 2000 dólares mensuales.

Se puede reconocer que los antecedentes antes mencionados dieron gran importancia a la planificación y planes de mantenimiento, dado que en la actualidad existen diversos métodos de proyección de trabajos los cuales hacen que el mantenimiento de equipos sea más fluido y con menos horas perdidas.

Prosiguiendo con la propuesta, es necesario investigar más en detalle sobre todos las teorías, términos y equipos que usaremos en el presente trabajo. Dicha información, aportará una idea más clara sobre la metodología a usar y lo equipos de planta donde se van aplicar.

Como punto inicial a las teorías que necesitaremos para poder dar validez a la propuesta. Podríamos definir al mantenimiento, como la unión de actividades técnicas, documentadas con las cuales se puede garantizar la buena operación de una línea de trabajo o producción aplicando un plan de mantenimiento en constante evolución de acuerdo a los requerimientos de la planta (Sacristan, 2001 pág. 27).

También al mantenimiento se le define por el hecho de que pueda conservar el buen estado de los equipos y ambientes gracias a la correcta aplicación de un buen plan de mantenimiento definido (De León, 1998 pág. 21).

El concepto de mantenimiento desde el año 1930 hasta la actualidad ha evolucionado considerablemente pasando por 4 generaciones, siendo cada generación una evolución de la anterior (Lopez Garcia, 2019). Se tuvo la **primera generación del mantenimiento**. En esta etapa, solo los elementos que fallaban eran reparados, reengrasados, apretados, limpiados y lubricados, de los cuales únicamente se realizaba de los equipos utilizados en el proceso de producción.

El operador del equipo era responsable de las reparaciones necesarias. En ese momento, este tipo de mantenimiento era claramente correctivo, y era fácil de entender porque las máquinas que se usaban en ese momento eran simples. En esta generación fue donde se crearon los primeros talleres de mantenimiento y con su respectivo personal para estos trabajos (Lopez Garcia, 2019).

Se habla sobre la **segunda generación del mantenimiento**, a lo ocurrido en la Segunda Guerra Mundial. En aquella época con la exigencia o necesidad de obtener equipos mucho más complejos que puedan asegurar una producción más continua, nace este tipo de mantenimiento, con la finalidad de cubrir estas necesidades. En aquel entonces por los mismos requisitos de mantenimiento es que nace como concepto, el Mantenimiento Preventivo Sistemático. Trabajar en condiciones óptimas y con un bajo costo era lo que buscaba este mantenimiento para los múltiples equipos. En esta generación de mantenimiento también se realizaba reparaciones programadas, pero sobre todo instantáneas, básicamente era el trabajo que se presentaba día a día (Lopez Garcia, 2019).

Luego tenemos como **tercera generación del mantenimiento**, a lo sucedido en la década de los 80, en el año 73 se atravesó por una crisis económica y comenzó a surgir el concepto de confiabilidad. Esta nueva tendencia fue líder en la industria automotriz y aeronáutica, dando inicio a que el mantenimiento camine en otras direcciones gracias al desarrollo de recientes métodos de trabajo:

Para la gestión de datos el uso de la informática ha sido más que necesario, también se tiene, el análisis de fallos (mantenimiento basado en la fiabilidad o RCM), el ser un diseño robusto y el mantenimiento por condición (García Garrido, 2008).

El mantenimiento de cuarta generación, es el mantenimiento que aparece en la década de los 90, se le ve como calidad total, se gestiona el mantenimiento para aumentar los tiempos y a la par minimizar los gastos. El riesgo es en lo que se basa este tipo de mantenimiento, se le ve al mantenimiento como apoyo a otras áreas dentro de una empresa (Vargas, 2012). En esta etapa el mantenimiento tuvo como objetivo, el crear o diseñar un número interminable de sistemas de mantenimiento, teniendo en cuenta que cualquier desarrollo posterior del sistema de mantenimiento se debe considerar con mucho cuidado para evitar con precisión que estos objetivos estén cubiertos o tengan una tarea más difícil de llevar a cabo (Molina, 2006).

Los objetivos en los cuales el mantenimiento debería estar enfocado son los siguientes Según (Molina, 2006):

- Mejorar la disponibilidad del equipo.
- Disminuir costos de mantenimiento.
- Mejorar mano de obra calificada.
- Maximizar tiempo de trabajo de la máquina.

Si los objetivos son tomados en cuenta, quedaría garantizada la confiabilidad y disponibilidad de los componentes del proceso productivo a un costo bajo y sin futuras consecuencias en los procesos.

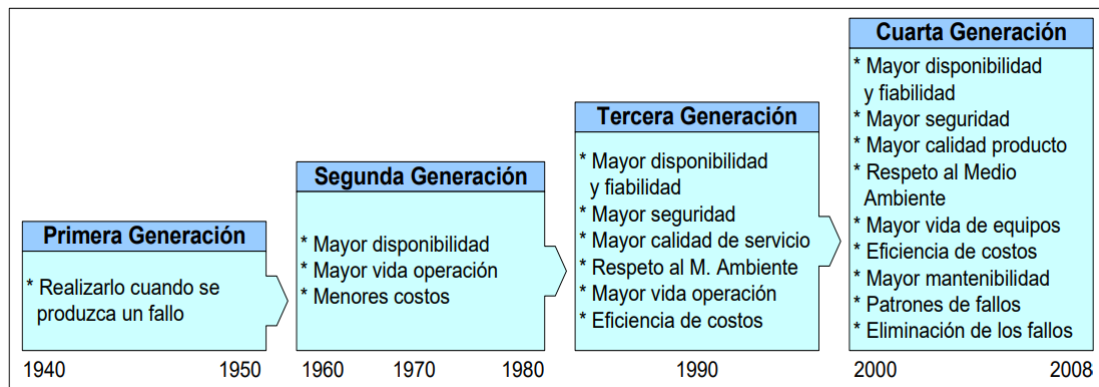


Figura 1. Evolución del mantenimiento.

FUENTE: (Rodríguez Machado, 2012)

En la figura 01 nos muestra como ha ido evolucionando el mantenimiento con el pasar de los años, de reparar cuando se presenta una falla a utilizar todo un sistema para la obtención de mejores resultados.

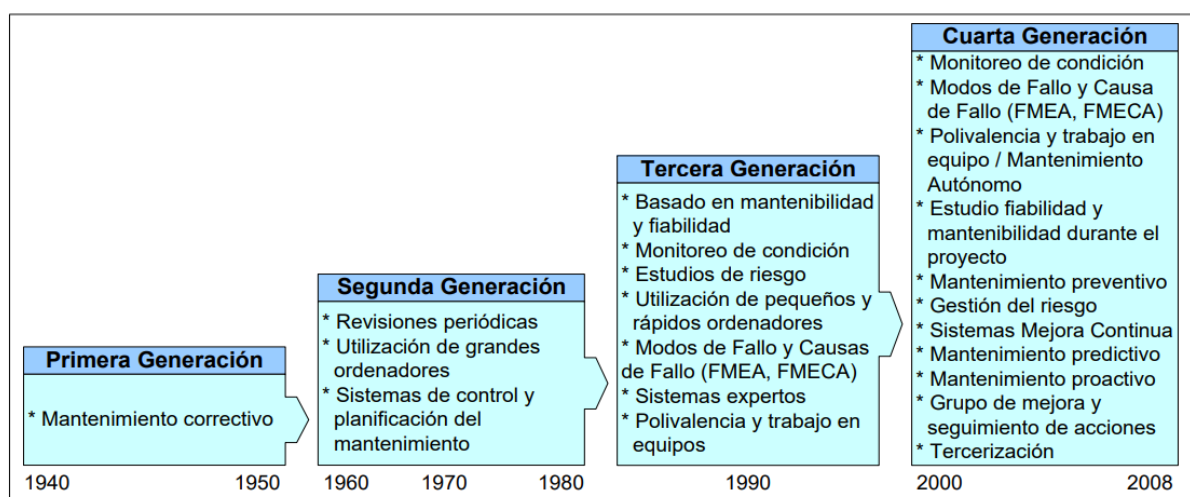


Figura 2. Evolución de técnicas del mantenimiento.

FUENTE: (Rodríguez Machado, 2012)

En la figura 02 se puede observar las técnicas que se han ido utilizando con el pasar del tiempo, todo con el fin de mejorar en lo que se refiere sobre la gestión del mantenimiento.

Para llegar a obtener esa confiabilidad en mantenimiento, tenemos que tener en cuenta una serie de actividades previas que nos ayudaran a conseguir mejores resultados, tales como se muestra en la siguiente imagen (figura 03).

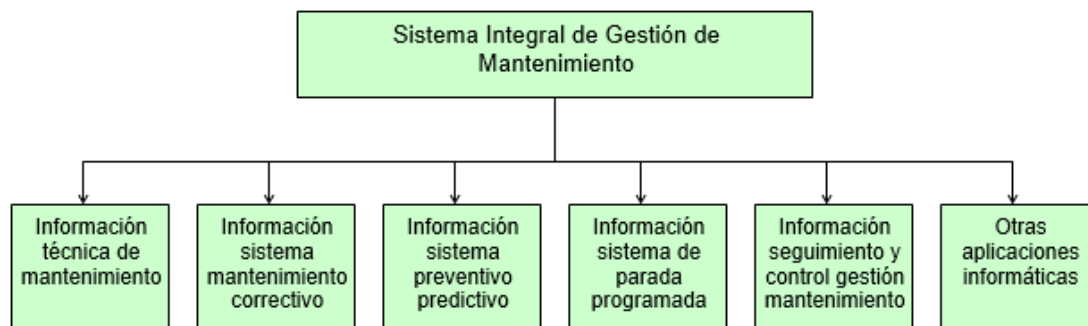


Figura 3. Gestión del mantenimiento.

FUENTE:. (Mantenimiento y seguridad industrial, 2006)

Se puede decir que el mantenimiento es la acción de reparar equipos a fin de que estos puedan operar en óptimas condiciones de trabajo en el transcurso del tiempo, aplicando metodologías ya establecidas.

Se entiende por mantenimiento a toda solución de los problemas que suscitan en los equipos, en otras palabras, estos son los problemas diarios de la planta de producción para que las soluciones se puedan encontrar en el menor tiempo posible (Chusin, y otros, 2008).

El mantenimiento se clasifica en:

El Mantenimiento Correctivo: es el tipo de mantenimiento que trata de dar solución a un problema que ya ha fallado, en otras palabras, cuando el equipo ya dejó de estar en operación. Este tipo de mantenimiento resulta siendo más costoso (Molina, 2006).

- **El mantenimiento Paliativo o de Campo (de arreglo),** es el que solo se encarga de hacer trabajar el equipo si o si, aunque no se repare la falla (Molina, 2006).

- **El mantenimiento Curativo (de reparación)**, es el que se encarga de dar solución al problema desde raíz a fin de tener el equipo operativo (Molina, 2006).

El Mantenimiento Preventivo: este tipo de mantenimiento surge por la necesidad de dar solución a los gastos generados por el mantenimiento correctivo. Se basa en el cambio periódico de ciertas partes o piezas del sistema los cuales ya han culminado sus horas de trabajo según fabricante a fin que se puedan evitar averías (Cabanias, 1998).

Este tipo de mantenimiento se puede clasificar en 3 ramas (Rodríguez Machado, 2012):

- **Rutinario:** trata de que los equipos se puedan controlar periódicamente, de que se realice las menores intervenciones posibles tales como la limpieza, lubricación, ajustes, etc. y que todo esto pueda ser realizado por el operario.
- **Sistemático o Basado en el tiempo:** este tipo se refiere a la intervención realizada por el personal de mantenimiento basado en un contador como horas, kilómetros, etc. o por calendario, en su mayoría son intervenciones mayores.
- **Predictivo o basado en la condición:** es el tipo de mantenimiento en el cual se usa mediciones, parámetros, se hace seguimiento de modo que se pueda prever una futura falla del equipo.

El Mantenimiento Predictivo: este mantenimiento a comparación del mantenimiento preventivo, se basa en el uso de equipos con los cuales se puede determinar el estado actual de cada equipo, de tal manera que se pueda aprovechar más horas de trabajo con lo cual se refleja en un ahorro económico (Garrido, 2010 pág. 17).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM): es la filosofía japonesa de Mantenimiento a Primer nivel, es en la que se encuentra basado este mantenimiento, se refiere a ejecutar pequeñas actividades de mantenimiento, como pueden ser: reemplazo de piezas pequeñas, inspección, ajuste, etc., con la finalidad de brindar al encargado de mantenimiento la información necesaria con la que las diferentes actividades se puedan realizar de la mejor forma posible y con un conocimiento más amplio de la causa.

- Mantenimiento, se le denomina con la finalidad de que las áreas de trabajo se mantengan siempre en óptimas condiciones.
- Productivo, definición que se le otorga con el fin de que la producción aumente.
- Total, esta definición en mantenimiento comprende hacer partícipe a todo el personal y no necesariamente al personal de mantenimiento. Con este método se busca que todo el personal se involucre con una tarea dentro del plan de mantenimiento preventivo de modo que se aumente la eficacia de los activos.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM - Reliability Centred Maintenance - Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad/Confiabilidad): este proceso aparece entre los años 60 y 70 en varias industrias de diferentes rubros teniendo un solo fin, el que las personas dentro de una empresa puedan tomar las decisiones más adecuadas para los activos físicos de las empresas y ante los problemas ocasionados tener el conocimiento para saber afrontarlos. El RCM resulta el más adecuado para estos problemas (Moubray, 2004).

Las siete preguntas básicas del RCM según (Moubray, 2004) son estas:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?

- ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

El RCM (Reliability Centred Maintenance) apareció a fines de la década de los 60 en respuesta al aumento de los costos y las actividades de mantenimiento de aeronaves (principalmente preventivas). En esta industria, es invaluable, no solo para reducir costos y actividades de mantenimiento, sino también para mejorar los niveles de confiabilidad, disponibilidad y seguridad. Estos éxitos lo han hecho atractivo para otros sectores, como las industrias militar, petrolera y eléctrica (Moubray, 2004).

Para poder aplicar el RCM en un plan de mantenimiento, debe pasar por 3 etapas, las cuales serán descritas a continuación:

La etapa 1, es el adiestramiento del grupo de trabajo elegido para poder implementar el RCM lo que resulta ser muy importante, ya que forma un grupo de trabajo que realizan funciones diferentes dentro de la organización, recopilar, analizar y procesar datos será parte de su trabajo durante un cierto tiempo.

En el transcurso del tiempo y del trabajo que va realizando el grupo encargado del RCM, se vuelve más evidente la sinergia que va creciendo cuando todo el grupo de trabajo a pesar de tener diferentes funciones combinan sus esfuerzos con el fin de tener un solo propósito para dentro de la empresa. Cuando se generan diferentes problemas que repercuten en las áreas de trabajo, el poder dividir por niveles de trabajo a fin de encontrar las respuestas del ¿Por qué de las causas?, es la mejor recomendación y uno de los efectos directos de la unión del grupo de trabajo (Lárez, 2017).

La etapa 2 tiene como definición, enfoque de la fuerza de tareas, las industrias que dentro de sus problemas recurrentes tienen a sus activos o procesos dentro de estos y con posibles consecuencias graves son quienes adoptan este enfoque de trabajo. Enfoque selectivo, pese a que en el transcurso se pueden presentar problemas agudos que pueden hacer que la empresa tome una visión de enfoque de tareas, en los diferentes rubros también se puede observar que, en la mayoría, algunos activos son más susceptibles a diferencia que otros problemas pueden ser más crónicos y difíciles de identificar (Moubray, 2004).

Un amplio enfoque, como tercer enfoque el RCM se preocupa que la motivación de los individuos y conocimiento de los individuos mejoren continuamente y que el grupo de trabajo y las personas que mantienen unidos al grupo perfeccionen continuamente el trabajo en equipo, como la optimización de los activos fijos.

En la etapa 3 Análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF), en la actualidad es la técnica más usada para el análisis de riesgos. Resulta ser una actividad humana muy natural el análisis de riesgos. Por ejemplo, cuando uno maneja un auto, continuamente está evaluando los posibles riesgos que esto conlleva y siempre adapta su comportamiento de acuerdo aumenten o disminuyan los riesgos. Forma parte esencial el análisis de riesgo para nuestro negocio. Se analiza las situaciones de rutina y se toman las medidas necesarias con el fin de disminuir esos posibles riesgos para la empresa. El AMEF resulta ser un método muy efectivo para el diseño y producción de cuadros estadísticos de análisis de riesgos (Mejía Quijano, 2004).

Para entender el AMEF se debe saber primero, ¿Qué es un modo de falla?, se puede definir como modo de falla a todo evento por el cual un equipo, sistema o proceso pueda tener una falla funcional (MOUBRAY, 2004).

En un modo de falla se debe tener registro de todos los sucesos o fallas que ha tenido el equipo o sistema, para poder recopilar esta información se puede obtener de estas fuentes: fabricante, historial de mantenimiento, experiencia profesional, similitud en equipos y cualquier otra fuente que puede tener reacción con el equipo a revisar.

Tabla 1. Modelo de descripción de modo de falla.

Hoja de Información N° 1			
Sistema	Preparación de caña		
Equipo	Conductor auxiliar		
Sub Unidad	Accionamiento		
Ítem Mantenible	Función	Falla funcional	Modo de Falla
Reductor	Transmitir movimiento al acople a 1775 rpm.	No transmitir movimiento al acople.	1. Bobina quemada.
			2. Fuga de corriente.
			3. Alto amperaje.
			4. Sobrecalentamiento.
			5. Agarrotamiento de rodamiento.

FUENTE: (Lopez Loayza, 2019).

Una manera de poder medir que tan efectivo es el mantenimiento que se realiza en una industria, es por medio de la confiabilidad de un plan de mantenimiento. Confiabilidad, se llama a la probabilidad de que la compañía pueda soportar sus actividades comerciales dentro de un cierto período de tiempo sin perder sus funciones (Espinoza, 2013).

El estudio de la confiabilidad de los activos físicos tiene como propósito la modificación de las actividades correctivas y reactivas, costosas e imprevistas, mediante la prevención de actividades planificadas que requieren de análisis de objetivos, la condición actual y su historial del equipo que nos encamine a un control adecuado de los mismos (Espinoza, 2013).

La confiabilidad se puede definir como la probabilidad de que un elemento del equipo no falle, es decir que funcionará satisfactoriamente en el marco de los estándares operativos previamente establecidos, dentro de su vida útil estipulada, con la condición de que el equipo se utilice a los fines para los que fue diseñado (Castillo, y otros, 2013).

Mantenibilidad, es la posibilidad de que una máquina se pueda reparar adecuadamente y en un tiempo establecido ante la interrupción o falla en su operación (Mora Gutierrez, 2009).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación:

- **Tipo:** De acuerdo al fin se desea alcanzar con la presente investigación, su tipo es aplicada ya que se hará uso de metodologías ya existentes en base al mantenimiento de manera que se pueda modificar sus variables con el fin de mejorarlos.
- **Diseño:** De acuerdo con la finalidad que se desea alcanzar en la presente investigación, se define que es de tipo experimental porque se modificará sus variables de modo que se pueda conocer los resultados de la modificación de los mismos y pre – experimental por luego de la modificación el proyecto culminará como una proyección.

3.2. Variables, Operacionalización.

Variable Independiente

Plan de Mantenimiento Preventivo.

Variable Dependiente

Confiabilidad y Disponibilidad de equipos.

Operacionalización de Variables

Tabla 2. Operacionalización de variables.

0	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INDICADORES	ESCALA NOMINAL
Variable Independiente Plan de Mantenimiento	Conjunto de tareas preventivas que se realizarán en una instalación para cumplir con la disponibilidad, confiabilidad y objetivos finales de maximizar la vida útil del equipo.	se realizará levantamiento de equipos con uso de fichas técnicas teniendo en consideración las recomendaciones del fabricante para la realización de la programación.	Porcentaje de avance de trabajos de mantenimiento. Porcentaje de programación de mantenimientos de equipos de planta.	Porcentaje de ejecución del plan de mantenimiento preventivo	Cuantitativa de Razón.
Variable Dependiente Disponibilidad	Es la facilidad que tiene un activo de estar en un estado con el fin de que pueda estar realizando una función requerida en ciertas condiciones determinadas en un intervalo de tiempo, tomando en consideración que se han proporcionado los recursos externos necesarios.	Se realizará fichas de trabajos con tiempos de horas de trabajos por cada turno a fin de saber las horas trabajadas de cada equipo usado en la producción de la desmeduladora en seco.	Tiempo en los mantenimientos. Tiempo perdido por máquina parada. Costos de horas hombre.	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Cuantitativa de Razón.

Variable Dependiente Confiabilidad	Es la facilidad que tiene un activo o componente que en ciertas condiciones pueda realizar una función requerida en un intervalo de tiempo determinado.	Se realizará fichas de trabajos con tiempos de horas de trabajos por cada turno a fin de saber las horas trabajadas de cada equipo usado en la producción de la desmeduladora en seco, de la tal manera se podrá calcular el porcentaje de confiabilidad de los equipos.	Tiempo de operación del equipo en la producción. Total de horas trabajadas de los equipos luego de un mantenimiento.	$R = e^{\frac{-\lambda * T}{100}}$	Cuantitativa de Razón.
------------------------------------	---	--	---	------------------------------------	------------------------

FUENTE: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población

La población está conformada por los equipos mecánicos de la empresa Trupal S.A.

Muestra

La muestra está conformada por 3 equipos mecánicos de la desmeduladora Moist de la empresa Trupal S.A.:

- 1 conductor de paletas.
- 2 molinos desmeduladores de bagazo.

Muestreo

En la tesis de investigación se tomó un muestreo aleatorio.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.

Tabla 3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Técnica	Instrumento	Variable	Unidad de Análisis
Entrevista Personal	Hoja de entrevista	Mantenimiento Preventivo	Líder de Mantenimiento / Líder de Producción
Entrevista Personal	Hoja de entrevista	Mantenimiento Preventivo	Operador de mantenimiento / Operador de producción
Análisis Documental	Hoja de ingreso de datos	Mantenimiento Preventivo	Registros de paradas por mantenimiento
Análisis Documental	Ficha de registro de datos	Costos de mantenimiento	Registros de costos de mantenimiento

FUENTE: Elaboración propia

3.5. Procedimientos:

Se utilizó la técnica de la entrevista con la finalidad de poder recopilar los datos o información de los diferentes procesos de producción y mantenimiento, se formuló un listado de preguntas específicas que nos permitió recabar la información necesaria para la investigación. Las respuestas a las preguntas fueron dadas por el jefe de producción y jefe de mantenimiento del área de planta de pulpa, sumado a ello se dispuso de los cuadernos de reportes de ocurrencias por parte de los operadores de la desmeduladora Moist con la finalidad de obtener una mayor precisión en los datos recabados. Toda la información recopilada, fue utilizada como base para conocer la condición actual de operación de equipos de la desmeduladora Moist que se vio reflejada en los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

En el proceso de recopilación de información se contó con el apoyo de los siguientes ingenieros y técnicos de la empresa:

- Ing. Ronald Benjamín Plasencia Medina (Supervisor de Mantenimiento planta de Pulpa).
- Ing. Rubén Darío Barboza Ordoñez (ex–Supervisor de Mantenimiento planta de Pulpa).
- Ing. Alfredo Rafael Fernández Chunga (Supervisor de Producción planta de Pulpa).
- Tec. Rosa Elena Asmad Ruiz (Planificador de Mantenimiento).
- Tec. Cesar Augusto Barreto Gómez (Mecánico I planta de Pulpa).
- Tec. Víctor Exequiel Quiñonez Contreras (Mecánico I planta de Pulpa).
- Tec. Edward Quevedo Baylon (Operador de Desmeduladora Moist).

Con el uso del método de matriz de frecuencia, se obtuvieron las ponderaciones necesarias que nos ayudaron a saber cuales son los equipos de la desmeduladora Moist que presentaron mayor frecuencia de fallas respecto a los meses evaluados. Seguido se procedió a multiplicar con el valor de la consecuencia obteniendo de esa manera el valor de la criticidad de cada equipo.

Con el uso del método del AMEF se obtuvo una lista de las principales fallas funcionales en los equipos críticos, de los cuales fueron evaluados por medio del número de prioridades de riesgo (NPR), obteniendo como resultado las fallas más graves que afectan al proceso de la desmeduladora Moist.

Por medio de una hoja de cálculo se pudo realizar los cuadros de programación de mantenimiento de los diferentes equipos de la desmeduladora Moist y sus respectivas recomendaciones técnicas en base al estudio realizado.

Se utilizó la técnica de análisis de documentos de los registros de los costos de mantenimiento de la subárea de desmedulado en seco con respecto al proceso que se realizaba sin ningún plan, se prepararon tablas estadísticas con las que se pudo medir los costos de mantenimiento y el porcentaje en el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la desmeduladora Moist.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos recabados de la presente investigación fueron almacenados y posteriormente ingresados en un cuadro de Excel, por consiguiente, nos permitió en primer lugar determinar cuáles fueron los principales problemas que se tuvo en la Planta de Desmedulado en Seco, posteriormente con esos mismos datos sirvieron para la creación del plan de mantenimiento y su seguimiento en el cumplimiento del mismo.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo muestra datos verdaderos, tomados de los registros y reportes de planta. El autor realizó las debidas citaciones de todas las fuentes utilizadas. La autorización fue brindada por un representante de la empresa a fin de hacer posible la realización de la presente tesis.

IV. RESULTADOS

El desarrollo de la presente tesis tuvo lugar en una empresa papelera ubicada en Malca s/n – en el Distrito Santiago de Cao, provincia de Ascope, Departamento La Libertad. Esta empresa dedicada a la fabricación de papeles y cartones a partir de bagazo desmedulado de caña de azúcar con fibra Secundaria (Papeles y Cartones reciclados). Dicha empresa brindó la oportunidad de realizar un programa de mantenimiento preventivo para equipos y maquinaria con los que se cuenta en la misma. En este caso se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1. Condición actual de operación de la desmeduladora Moist.

4.1.1. Diagrama de Flujo de la desmeduladora Moist

Para poder conocer como es el proceso de los equipos que fueron evaluados, se muestra en la siguiente imagen el diagrama del recorrido del bagazo en el proceso de desmedulado del mismo.

DESMEDULADORA MOIST

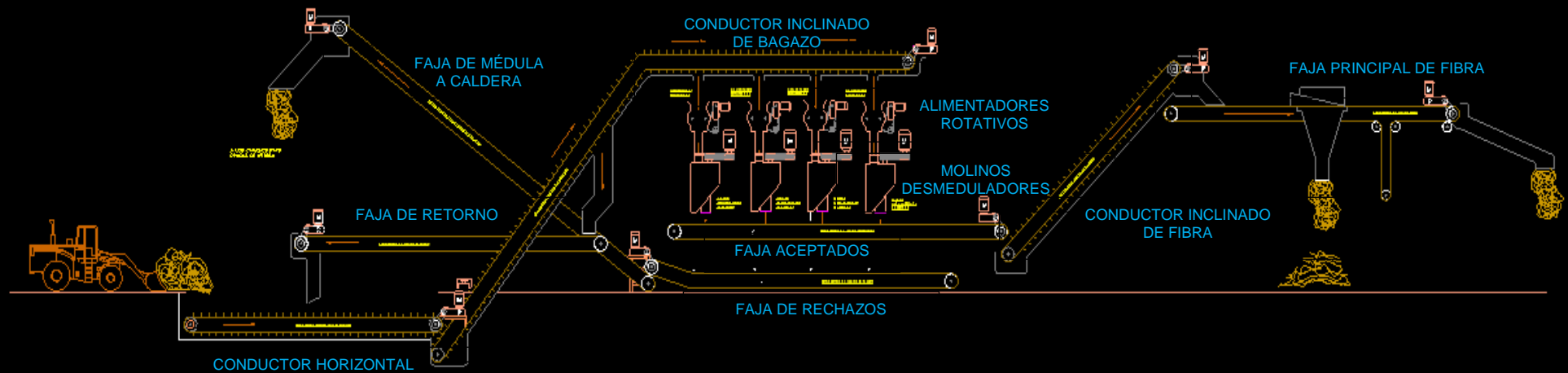


Figura 4. Diagrama de Flujo Desmeduladora Moist

FUENTE: Planificación Trupal S.A.

4.1.2. Evaluación de condición de equipos.

Para poder realizar la evaluación de la situación actual de los equipos de la planta, se hizo una recopilación y procesamiento de datos de trabajo del sistema SAP que cuenta la empresa. La planta de desmedulado en seco, en los meses evaluados tiene una demanda de trabajo de 16h/día ininterrumpidas o 480 ton/16h de fibra de bagazo, la cual no ha sido constante por una serie de fallas lo que ha sido motivo de tener la planta parada por varios días en los meses, sumado a ello al ser una planta donde el mantenimiento realizado en su mayoría correctivo no es el adecuado ni oportuno en el momento que lo requiere.

Si bien es cierto la empresa Trupal S.A. cuenta con el sistema SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos) el cual brinda un sinfín de herramientas para la gestión del mantenimiento, no ha sido aprovechado en su mayoría ya que por costumbre o poca adaptación al cambio con el nuevo sistema se ha seguido brindando un mantenimiento correctivo en los equipos de la Desmeduladora Moist.

Centro coste	Aviso	P	Texto	Cl.orden	Orden	Ubicación técnica	Equipo	Denominación de la ubicación técnica	Denominación de objeto técnico	Texto breve operación	Op.
571011105	11611770	2	alto	ZM01	22531957	574-PPU1-051	20002217	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_HORIZONTA	DESCARRILAMIENTO DEL CONDUCTOR	0010
571011105	11611770	2	alto	ZM01	22531957	574-PPU1-051	20002217	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_HORIZONTA	SRV.ENCARRILAR COND. HORIZONT BAGAZ-MOIS	0020
571011105		3	medio	ZM01	22651948	574-PPU1-051	20002217	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_HORIZONTA	CONDUCTOR DE PALETAS_HORIZONTA D_BAGAZO	0010
571011105		3	medio	ZM01	22651948	574-PPU1-051	20002217	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_HORIZONTA	SRV. ENCARRILAR COND. HORIZ-MOIST -EMG	0020
571011105		3	medio	ZM01	22651948	574-PPU1-051	20002217	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_HORIZONTA	SRV. REPARAC 4 CURVAS D/PLATINA CHB-MOIS	0030
571011105		3	medio	ZM02	22683211	574-PPU1-051	20002263	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	FAJA TRANSPORTADORA DE ACEPTADOS	CAMBIO DE FAJA DE ACEPTADOS	0010
571011105		3	medio	ZM02	22683211	574-PPU1-051	20002263	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	FAJA TRANSPORTADORA DE ACEPTADOS	SRV. CAMBIO FAJA 36"x55 M ACEPTAD-DTRP-P	0020
571011105		2	alto	ZM02	22683081	574-PPU1-051	20002276	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOR DE FAJA PRINCIPAL DE FIBRA	MTTO MOTOR DE FAJA PRINCIPAL DE FIBRA (P)	0010
571011105		2	alto	ZM02	22683081	574-PPU1-051	20002276	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOR DE FAJA PRINCIPAL DE FIBRA	SRV. MANTTO 12 HP-FAJA PRINCIPAL-DTRP-P	0020
571011105		3	medio	ZM02	22683080	574-PPU1-051	20002292	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOR DE FAJA DE MEDULA A CALDERA	MTTO MOTOR DE FAJA DE MEDULA A CALDE (P)	0010
571011105		3	medio	ZM02	22683080	574-PPU1-051	20002292	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOR DE FAJA DE MEDULA A CALDERA	SRV.MANTTO MOTOR 12 HP FAJA POLVI-DTRP-P	0020
571011105		2	alto	ZM02	22682757	574-PPU1-051	20002270	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOR D_CONDUCTOR DE INCLINADO	MTTO ONDUCTOR DE INCLINADO DE FIBRA (P)	0010
571011105		2	alto	ZM02	22682757	574-PPU1-051	20002270	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOR D_CONDUCTOR DE INCLINADO	SRV. MANTTO MOTOR 24 HP CIB-DTRP-P	0020
571011105		2	alto	ZM02	22682754	574-PPU1-051	20002285	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOREDUCTOR DE FAJA DE RECHAZOS	MTTO MOTOR FAJA RECHAZOS (P)	0010
571011105		2	alto	ZM02	22682754	574-PPU1-051	20002285	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	MOTOREDUCTOR DE FAJA DE RECHAZOS	SRV. MANTTO MOTOR 12 HP-FAJA RECHAZOS-P	0020
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE MANOIL	0010
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV. MANTTO COND INCLINADO FIBRA DTRP-P	0020
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE PLANCHAS Y PALETAS	0030
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV. MANTTO CONDUCTOR INCLINADO	0040
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE PALETAS	0050
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE PLANCHAS Y PISTAS	0060
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE PLANCHAS Y PISTAS DE PALETAS	0070
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE PLANCHAS Y PALETAS	0080
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV.CAMBIO DE PLATINAS Y PLANCHAS	0090
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV.CAMBIO DE PLATINAS Y PLANCHAS	0100
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV.CAMBIO DE PISTAS	0110
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV. CAMBIO DE PLATINAS	0120
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV.CAMBIO DE PLANCHAS	0130
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	SRV.CAMBIO DE PLATINAS	0140
571011105		3	medio	ZM02	22683626	574-PPU1-051	20002269	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS INCLINADO D.	CAMBIO DE PERNOS	0150
571011105		3	medio	ZM02	22683624	574-PPU1-051	20002223	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_INCLINADO D.	MTTO. CONDUCTOR/PALETAS INCLINADO (P)	0010
571011105		3	medio	ZM02	22683624	574-PPU1-051	20002223	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO	CONDUCTOR DE PALETAS_INCLINADO D.	SRV. MANTTO COND INCLINADO BAGAZO DTRP-P	0020

Figura 5. Captura de pantalla de lista de órdenes y operaciones de trabajo de sistema SAP

FUENTE: SAP Trupal S.A.

En la figura 05 se puede observar la lista de trabajo que se realizan mes por mes, nos indica el número de orden de mantenimiento que se ha generado, también la ubicación técnica que en este caso es la Desmeduladora Moist, seguido el objeto técnico que se refiere al equipo donde se realizara el trabajo y la descripción del trabajo u operación que se realiza en el equipo.

Crear aviso-MT: Aviso avería/Parada

Interlocutor

Aviso: §000000000003 **M2** ROTOR PARA POR FALLA MECÁNICA

Status mensaje: METR ORAS

Orden: 23176704

Datos generales DMS

Objeto de referencia

Ubic.técn.	574-PPU1-DS1	ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO
Equipo	574-DS1-M04	MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 04
Conjunto		

Responsabilidades

Grupo planif.	MEI / 574	MECANICO
Pto.tbjo.resp.	SUP-MEC / 574	SUPERVISOR MECANICO
Responsable	30039697	PLASENCIA MEDINA RONALD BENJAMIN
Autor del aviso	A. ANTICONA	Fecha de aviso: 21.05.2020 08:14

Circunstancias

Tipo Falla: MANITO MEC FALLA MECANICA

ROTOR PARA POR FALLA MECÁNICA

Figura 6. Captura de pantalla de Aviso de Falla

FUENTE: SAP Trupal S.A.

En la figura 06 nos muestra el cuadro de aviso de falla con fecha de requerimiento que es una de las opciones que nos brinda el sistema SAP para dar a conocer cuando uno equipo ya falló, en el aviso al costado de la descripción nos muestra el código de avería que en este caso es un M2

que significa aviso de avería/parada, cabe mencionar que este aviso se debería de utilizar de manera que cuando el equipo ya muestre anomalías se pueda programar su posterior mantenimiento pero no se usa de ese modo ya que es solo uno de los medios que es utilizado para dar a saber cuando un equipo ya falló, los otros medios de comunicación usados son el correo corporativo y WhatsApp.

Modificar Mto Preventivo 23176704: Cabecera central

Orden: ZM02 23176704 HABILITAR ROTOR MOLINO

Stat.sist.: LIB. NOTI DMNV MOVN NLIQ PREC ZSR0

Datos cab. Oper. Componentes Costes Interloc. Objetos Datos adic. En

Responsable

Gpo.plan. MEI / 574 MECANICO

Rs.pto.tr. SUP-MEC / 574 SUPERVISOR MEC...

Responsable 30039697 PLASENCIA MEDINA RONA...

Fechas

Inic.extr. 21.05.2020 09:19

Fin extr. 22.05.2020 09:19

Prioridad alto

Objeto de referencia

Ubic.técn. 574-PPU1-DS1 ZONA DESMEDULADO EN SECO TRUJILLO

Equipo 574-DS1-M04 MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 04

Conjunto

Primera operación

Operación HABILITAR ROTOR ClvCá Calcular trabajo

FECHA DE EJECUCION Y CREACION

Figura 7. Captura de pantalla de Orden de Mantenimiento

FUENTE: SAP Trupal S.A.

En la figura 07 nos muestra la generación de la orden de mantenimiento a causa de la parada del equipo que fue comunicado por medio del aviso de la imagen anterior, esta opción del sistema SAP nos permitiría programar un mantenimiento preventivo de manera que con anticipación se pueda realizar todos los trabajos previos (desmontaje, mecanizado, preparación de elementos y montaje) que ello demanda. Pero como se puede observar

señalado con la flecha, la creación e inicio de ejecución de las operaciones de mantenimiento se realizan la misma fecha de recibir el aviso de falla, de manera que, a pesar de contar con el modo de mantenimiento preventivo, las fechas de creación y ejecución nos indican que el realizado es un mantenimiento correctivo.

4.1.3. Fallas de equipos en base a los indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad de Enero – Agosto 2020.

Para los indicadores necesarios de la investigación se hicieron uso de los datos procesados en horas de trabajo con la información del sistema SAP y del cuaderno de reporte diario de operación de la desmeduladora Moist por parte de producción, como paso siguiente se ingresaron los datos en horas de trabajo, números de parada, tiempo de paradas, tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR), disponibilidad y confiabilidad en una hoja de cálculo. Se realizó un cuadro mensual obteniendo los resultados de los indicadores necesarios de cada mes como se muestra en la siguiente tabla.

Para el cálculo de la disponibilidad y confiabilidad de equipos se usaron las siguientes formulas como se muestra en el cálculo de los indicadores del conductor inclinado de bagazo.

- Tiempo Medio entre Fallas (MTBF).

Se obtiene del cálculo de las horas de operación (400 h) entre la cantidad de fallas (10).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de operación}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}} = \frac{400 \text{ h}}{10} = 40 \text{ h}$$

- Tiempo Medio de Reparación (MTTR).

Se obtiene del cálculo de horas de reparación (80 h) entre la cantidad de fallas (10)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}} = \frac{80 \text{ h}}{10} = 8 \text{ h}$$

- Disponibilidad.

Para el cálculo de la disponibilidad reemplazamos los resultados de MTBF y MTTR.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 = \frac{40\ h}{40\ h + 8\ h} * 100 = 83.33\%$$

- Confiabilidad.

El cálculo de la confiabilidad se determina con la constante neperiana (2.718) elevado al producto negativo de la tasa de fallas por el tiempo de operación.

$$C = \left(e^{\frac{-\lambda * t}{100}} \right) * 100 = \left(2.718^{\frac{-0.025 * 400}{100}} \right) * 100 = 90.48\%$$

A continuación, se muestra la tabla de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de todos los equipos que comprenden la desmeduladora Moist, tomados de los meses de enero – agosto 2020.

Tabla 4. Indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad.

RESULTADO DE CUADRO DE HORAS DE TRABAJO / DISPONIBILIDAD / CONFIABILIDAD																
EQUIPO	Enero		Febrero		Marzo		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Resultados	
	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)	D (%)	C (%)
CONDUCTOR HORIZONTAL DE BAGAJO	83.33	97.04	66.67	98.02	74.58	96.08	92.08	97.04	80.42	98.02	84.38	97.04	92.08	97.04	81.93	97.19
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAJO	83.33	90.48	66.67	91.39	74.58	92.31	92.08	90.48	80.42	92.31	84.38	90.48	92.08	89.58	81.29	91.05
FAJA DE RETORNO DE BAGAJO	83.33	97.04	66.67	97.04	74.58	97.04	92.08	98.02	80.42	97.04	84.38	97.04	92.08	98.02	81.93	97.32
ALIMENTADOR ROTATIVO 01 DE BAGAJO	75.00	97.80	33.33	94.18	68.33	96.78	87.50	92.90	74.17	96.80	77.92	97.86	87.50	92.90	71.96	95.60
ALIMENTADOR ROTATIVO 02 DE BAGAJO	78.13	96.85	62.92	97.90	70.42	96.87	83.33	96.74	75.21	97.88	79.17	96.85	83.33	96.74	76.07	97.12
ALIMENTADOR ROTATIVO 03 DE BAGAJO	72.92	96.63	60.42	96.74	68.75	97.85	89.58	94.99	73.75	95.73	77.50	96.79	89.58	94.99	76.07	96.25
ALIMENTADOR ROTATIVO 04 DE BAGAJO	78.13	97.89	62.50	96.85	65.63	97.75	85.00	93.71	62.50	96.21	78.96	97.89	85.00	93.71	73.96	96.29
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 01	75.00	70.08	33.33	77.11	68.33	76.12	85.42	73.95	74.17	76.26	77.92	73.85	85.42	73.95	66.00	77.39
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 02	78.13	79.93	62.92	82.64	70.42	80.91	83.33	75.86	75.21	79.04	79.17	80.80	83.33	75.86	76.07	79.29
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 03	72.92	67.03	60.42	78.45	68.75	77.92	85.83	74.85	73.75	73.69	77.50	72.14	85.83	74.85	74.41	76.29
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 04	78.13	80.79	62.50	85.22	65.63	84.33	87.29	78.46	62.50	82.45	78.96	79.05	87.29	78.46	74.61	81.25
FAJA DE ACEPTADOS	82.29	92.22	65.63	97.99	72.92	97.98	91.67	97.03	80.21	97.04	83.96	97.03	91.67	97.03	81.19	96.62
CONDUCTOR DE INCLINADO DE FIBRA	81.88	96.99	66.67	98.02	74.58	99.01	92.08	98.02	80.42	97.04	84.38	97.04	92.08	98.02	81.73	97.74
FAJA PRINCIPAL DE FIBRA	83.33	94.18	66.67	97.04	74.58	99.01	92.08	97.04	80.42	98.02	84.38	98.02	92.08	97.04	81.93	97.19
FAJA DE RECHAZOS	82.29	97.01	66.67	98.02	74.58	98.02	92.08	98.02	80.42	97.04	84.38	97.04	92.08	98.02	81.79	97.60
FAJA DE MEDULA A CALDERA	82.92	98.01	66.67	99.01	74.58	99.01	92.08	98.02	80.42	98.02	84.38	99.01	92.08	98.02	81.88	98.44

FUENTE: Elaboración propia

En el cuadro anterior se muestra los valores de disponibilidad (D) y confiabilidad (C) de cada equipo de la desmeduladora Moist, se puede observar que el conductor inclinado de bagazo (CIB) presenta una (D) de 81.29% y (C) de 89.99%, molino 1 (D) 71.37% – (C) 74.47% y molino 3 (D) 75.00% – (C) 74.13% respectivamente. Estos equipos fueron tomados en la muestra por ser de entre todos, los que presentan mayor falla en incidencia en la operación.

4.2. Analizamos equipos críticos de la Desmeduladora Moist.

Para el análisis de los equipos críticos se aplicó la metodología de matriz de frecuencia por consecuencia de falla, teniendo en consideración los siguientes criterios: impacto operacional, tiempo promedio para reparar, costos de mantenimiento correctivo, impacto de seguridad y frecuencia de fallas.

CRITICIDAD = FRECUENCIA X CONSECUENCIA Frecuencia: N° de fallas ocurridas

Consecuencia: Sumatoria de impacto operacional, tiempo promedio para reparar, costos de mantenimiento correctivo e impacto de seguridad.

Tabla 5. Ponderaciones para análisis.

Frecuencia de Falla	
Descripción	Ponderación
Frecuente, más de 7 veces al año	5
Probable, 5 - 6 veces al año	4
Posible, 3 - 4 veces al año	3
Improbable, 1 - 2 veces al año	2
Factor de Consecuencias	
Impacto Operacional	Ponderación
Parada inmediata de planta	10
Disminuye producción (ton)	8
Mantiene producción (ton)	6
Tiempo Promedio para Reparar	Ponderación
Tiempo de reparación mayor a 32 horas	8
Tiempo de reparación hasta 24 horas	6
Tiempo de reparación hasta 16 horas	4

Tiempo de reparación hasta 8 horas	2
Costos de Mantenimiento Correctivo	Ponderación
Mayor a 2000 soles	5
De 1000 hasta 2000 soles	4
De 500 hasta 999 soles	3
Hasta 500 soles	2
Impacto Seguridad	Ponderación
Muerte o incapacidad	5
Incapacidad parcial o Permanente	4
Daños o enfermedad severa	3
Daños leves en operario	2

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 6. Análisis de Criticidad de Equipos de la Desmeduladora Moist.

	CRITERIOS						
	Factor de Frecuencia	Impacto Operacional	Tiempo Promedio para Reparar	Costos de Mantenimiento Correctivo	Impacto de Seguridad	Factor de Consecuencia	Criticidad
CONDUCTOR HORIZONTAL DE BAGAJO	2	10	4	4	2	20	40
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAJO	5	10	6	4	4	24	120
FAJA DE RETORNO DE BAGAJO	2	6	4	3	3	16	32
ALIMENTADOR ROTATIVO 01 DE BAGAJO	3	8	2	3	2	15	45
ALIMENTADOR ROTATIVO 02 DE BAGAJO	2	8	2	3	2	15	30
ALIMENTADOR ROTATIVO 03 DE BAGAJO	3	8	2	3	2	15	45
ALIMENTADOR ROTATIVO 04 DE BAGAJO	2	8	2	3	2	15	30
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 01	5	8	8	5	5	26	130
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 02	3	8	8	5	5	26	78
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 03	5	8	8	5	5	26	130
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 04	3	8	8	5	5	26	78
FAJA DE ACEPTADOS	2	10	2	3	2	17	34
CONDUCTOR DE INCLINADO DE FIBRA	3	10	6	3	4	23	69
FAJA PRINCIPAL DE FIBRA	3	10	4	3	4	21	63
FAJA DE RECHAZOS	2	10	2	3	3	18	36
FAJA DE MEDULA A CALDERA	2	6	2	2	2	12	24

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 6 se puede observar que de la planta de Desmedulado en seco solo 3 equipos son los que presentan mayor criticidad como lo son el conductor inclinado de bagazo (CIB), el molino desmedulador 01 y molino desmedulador 03.

Tabla 7. Matriz de Criticidad.

FRECUENCIA	5	20	40	60	80	100	120	140	150
	4	16	32	48	64	80	96	112	120
	3	12	24	36	48	60	72	84	90
	2	8	16	24	32	40	48	56	60
	1	4	8	12	16	20	24	28	30
CONSECUENCIA	4	8	12	16	20	24	28	30	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 8. Rangos de Criticidad.

CRITICIDAD		
Nivel	Descripción	Rango
1	Alta	$100 \leq CT \leq 150$
2	Media	$40 \leq CT \leq 99$
3	Baja	$0 \leq CT \leq 39$

FUENTE: Elaboración propia

4.3. Elaboración de plan de mantenimiento preventivo.

Para poder elaborar el plan de mantenimiento preventivo necesario para los equipos críticos de la desmeduladora en seco (MOIST), es necesario conocer como es la operación y las fallas más considerables de los equipos.

4.3.1. Contexto conceptual de los equipos críticos.

4.3.1.1. Conductor Inclinado de Bagazo (CIB).

Este equipo es el encargado de transportar el bagazo de caña de azúcar hacia los molinos desmeduladores, cuenta con un Sprocket motriz y un Sprocket conducido conectados por cadenas de arrastre de bagazo, también cuenta con una gran inclinación de arrastre que es parte del diseño con el que fue fabricado en el año 2009. Las paletas en este conductor no son reforzadas ya que ello sumaría demasiado peso y mayor esfuerzo de los elementos de arrastre.

En este conductor se tiene mayor frecuencia de paradas de equipo por motivo de descarrilamiento ocasionado en su mayoría por los cuerpos extraños (piedras y palos) que vienen junto con el bagazo, otros de los motivos por lo que se descarrila el conductor, es el desgaste que sufren los pernos que amarran a las paletas con la cadena de arrastre de bagazo. El conductor al ser demasiado largo y por su diseño inclinado cada vez que trabaja hace que las paletas en la parte de la transición de la zona inclinada a la zona horizontal se produzca un mayor esfuerzo en cual se refleja que cada cierto tiempo se deba cambiar los pernos de amarre o las paletas que se sueltan por la rotura de sus pernos. Este equipo cuenta con los siguientes elementos:

- Sprocket motriz.
- Sprocket conducido.
- Cadena tipo DB para arrastre de bagazo.
- Paletas.
- Chumaceras fijas.
- Chumaceras con templadores de eje roscado.
- Transmisión (Motor, Reductor, Piñones y Cadena tipo RC).



Figura 8. Conductor Inclinado de Bagazo (CIB)

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 09 se puede observar el conductor inclinado de bagazo con la inclinación y cambio de dirección en la superior del conductor.


FICHA TECNICA DE EQUIPO			
CODIGO SAP			
NOMBRE DE EQUIPO	CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAZO		
DATOS TECNICOS EQUIPO PRINCIPAL			
Marca		Velocidad	
Modelo		Largo	
Código		Ancho	
Ubicación		Espesor	
TM/hora			
DATOS TECNICOS MOTOR			
Marca	DELCROSA	Velocidad	1760 RPM
Modelo		Potencia	60 HP
Voltaje	440 V	Frecuencia	60 HZ
Amperaje		Peso	
DATOS TECNICOS REDUCTOR			
Marca	DELCROSA	Velocidad Entrada	1760 RPM
Modelo	TIPO DR680	Velocidad Salida	37 RPM
Potencia	60 HP	Ratio	1.25

Figura 9. Ficha Técnica del Conductor Inclinado de Bagazo

FUENTE: Elaboración propia

4.3.1.2. Molino Desmedulador en Seco 1 y 3.

Los molinos desmeduladores, como su propio nombre lo dice, su función es, el de desmedular o separar el bagazo de caña de azúcar en fibra (lo que se usa para fabricar papel) y médula (polvillo de bagazo que se quema en la caldera acuotubular), de estos equipos depende la cantidad de producción al día en toneladas de fibra de bagazo. Los molinos cuentan con un rotor que está montado en forma vertical, en el eje del motor lleva 26 crucetas, 4 pines y 28 cuchillas que sirve para golpear el bagazo que ingresa por la parte superior del molino por la fuerza de la gravedad, siendo golpeado contra una canastilla perforada de $\frac{1}{4}$ " Ø, separando de ese modo la fibra de la médula.

Los molinos en tema de operación, son los equipos que más paradas presentan, ya que al desmedular el bagazo proveniente de los ingenios azucareros, ello viene con residuos que no son parte de la materia prima, tales como, rocas, palos y mallas, ocasionando la rotura de cuchilla y por consiguiente su desbalanceo. Al suceder estos inconvenientes el equipo debe pararse para realizar el cambio del juego completo de cuchillas (4 UND), pero a pesar de ello no es necesario detener la producción por el tiempo que lo requiera ya que puede seguir trabajando con los molinos restantes. Las partes del presente equipo son los siguientes:

- Rotor.
- Motor.
- Fajas.
- Crucetas.
- Pines.
- Cuchillas (planas y martillo)



Figura 10. Molino Desmedulador

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 11 se puede observar la disposición de los molinos desmeduladores en serie.


FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
CODIGO SAP			
NOMBRE DE EQUIPO	MOLINO DESMEDULADOR		
DATOS TÉCNICOS EQUIPO PRINCIPAL			
Marca	<input type="text"/>	Velocidad	<input type="text"/>
Modelo	<input type="text"/>	Largo	<input type="text"/>
Código	<input type="text"/>	Ancho	<input type="text"/>
Ubicación	<input type="text"/>	Espesor	<input type="text"/>
TM/hora	<input type="text"/>		
DATOS TÉCNICOS MOTOR			
Marca	ASEA	Velocidad	1770RPM
Modelo	MBM315 MA-4	Potencia	200HP
Voltaje	460VAC	Frecuencia	60HZ
Amperaje	235A	Peso	<input type="text"/>
DATOS TÉCNICOS REDUCTOR			
Marca	<input type="text"/>	Velocidad Entrada	<input type="text"/>
Modelo	<input type="text"/>	Velocidad Salida	<input type="text"/>
Potencia	<input type="text"/>	Ratio	<input type="text"/>

Figura 11. Ficha Técnica del Molino Desmedulador de Bagazo

FUENTE: Elaboración propia

4.3.2. Análisis de fallas críticas mediante el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

4.3.2.1. Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) para Conductor Inclinado de Bagazo (CIB)

Como se puede evidenciar en la tabla 9, se realizó el análisis de modo y efectos de falla (AMEF) con el apoyo de los ingenieros y técnicos de la empresa Trupal S.A. con la finalidad de obtener las fallas funcionales más significativas del equipo en mención.

Tabla 9. Cuadro AMEF para fallas preponderantes Conductor inclinado de Bagazo.

Análisis de Modo y Efectos de Fallas (AMEF)			
EQUIPO:		Planta de Desmedulado en Seco (MOIST)	
Conductor Inclinado de Bagazo (CIB)			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
Aumentar la tensión de las cadenas del conductor entre Sprockets.	Desgaste de eje roscado de templadores.	Por la potencia ejercida del motor-reductor y el diseño del templador hace que en el eje roscado se le genere una fuerza axial que ocasiona que se robe el hilo.	El efecto de esta falla es el destemplado de la cadena de arrastre de bagazo, pudiendo ocasionar de esta manera un descarrilamiento de la cadena del conductor.
Fijar la posición de la paleta entre la cadena de arrastre de bagazo y la paleta.	Rotura de orejas soporte de paletas.	Debido al ingreso de cuerpos extraños tales como palos o rocas, ocasiona que el conductor se descarrile y por la potencia del motor-reductor siga trabajando haciendo que las orejas que son de fierro fundido se rompan.	Lo que trae como efecto esta falla es que las paletas se puedan torcer o en el peor de los casos se pueda descarrilar el conductor, se debe parar para retirar paleta y/o reparar.

Riel-guía para cadena de arrastre de bagazo.	Desgaste de platina riel de cadena.	Debido a ser el camino de rodadura de los eslabones de la cadena de arrastre de bagazo y por el tipo de material A36.	Su efecto inmediato es que al desgastarse la pista de rodadura pueda llegar a lo que es la estructura en sí y también ocasionar el desgaste.
Camino por donde se arrastra el bagazo de caña de azúcar.	Desgaste de planchas base.	A consecuencia de la fricción generada por el arrastre de bagazo en el conductor.	El efecto de esta falla sería que la soldadura entre plancha y plancha desaparezca haciendo que generen agujeros por donde cae el bagazo al ambiente generando polución y también una posible torcedura de las planchas.
Transmitir potencia de motor - reductor a cadena de arrastre de bagazo.	Desgaste de Sprockets.	Esto se debe a la fricción de metal con metal entre las ruedas de la cadena de arrastre y los dientes del Sprocket.	Esta falla trae como efecto que los dientes pierdan el recubrimiento duro y se debilite y ocasionando una posible rotura del diente.
Soporte y transporte de arrastre de paletas.	Desgaste de cadena de arrastre de bagazo.	Debido al ritmo de trabajo y calidad de material, los pines de amarre de los eslabones sufren desgaste, ocasionando el estiramiento de la cadena.	Este efecto es el que más se tiene en el proceso, al estirarse la cadena (desgaste de pines) no coincide los pasos con los dientes de los Sprockets haciendo que el conductor se descarrile, para el cambio se debe parar el conductor inmediatamente.
Empujar bagazo de caña de azúcar por base de conductor.	Paletas torcidas.	Debido al ingreso de cuerpos extraños tales como palos o rocas, ocasiona que el conductor se descarrile y por la potencia del motor-reductor siga trabajando haciendo que las paletas queden torcidas.	El efecto de esta falla es que al torcerse las paletas se tienen que retirar para evitar un posible descarrilamiento, esta operación se debe realizar con la planta parada.
Girar libremente para transmisión de cadena de arrastre de bagazo.	Desgaste de bocina de bronce de rueda libre lado conducido.	Esto se debe a la falta de lubricación en la bocina de bronce y por el tipo de diseño y ubicación del punto de engrase que no se puede lubricar mientras está trabajando la planta.	Esta falla trae como consecuencia que la rueda dentada quede desalineada y que la cadena no encaje y se descarrile. Por esta falla el equipo para muchas horas.

Soporte y transporte de arrastre de paletas.	Descarrilamiento de cadena.	Cuando la cadena se encuentra demasiado estirada ya no coincide el paso con los dientes de los Sprocket ocasionando que la cadena de monte en los dientes o también al no tener un desgaste parejo al templar la cadena el Sprocket no quede alineado con la cadena.	El efecto de esta falla es la parada inmediata del conductor, teniendo que revisar las posibles fallas antes mencionadas para su posterior encarrilamiento.
Fija posición de paletas con orejas y cadena de arrastre de bagazo.	Desgaste y/o estiramiento de pernos de amarre de paletas.	Se ocasiona que por el esfuerzo que realiza la paleta la transportar el bagazo y el tipo de material del perno (fierro) se estire hasta su posterior rotura.	hacer que las paletas se acumulen o un posible descarrilamiento del conductor.

FUENTE: Elaboración propia

4.3.2.2. Número de prioridades de Riesgo (NPR) para Conductor Inclinado de Bagazo (CIB).

En el siguiente cuadro se muestra el número de prioridad de riesgo (NPR) que se le ponderó a cada falla que intervino en el AMEF realizado anteriormente, los valores de los NPR fueron obtenidos de la multiplicación de la severidad (SE), ocurrencia (OC) y detectabilidad (DE), estos valores fueron tomados de un cuadro de ponderaciones del anexo 16. En las ponderaciones realizadas se ha considerado los siguientes términos: alto riesgo, mediano riesgo y bajo riesgo, atribuyéndole también los siguientes valores.

Tabla 10. Valor de Prioridades de Riesgo (NPR).

Numero de NPR	Prioridad
NPR de Alto Riesgo	$NPR \geq 170$
NPR de Mediano Riesgo	$80 \leq NPR < 170$
NPR de Bajo Riesgo	$NPR < 80$

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 11. Análisis de Prioridades de Riesgo (NPR)

ÍTEM	FALLA CRÍTICA	SE	OC	DE	NPR
1	Desgaste de eje roscado de templadores.	3	2	7	42
2	Rotura de orejas soporte de paletas.	5	5	7	175
3	Desgaste de platina riel de cadena.	3	1	7	21
4	Desgaste de planchas base.	4	2	7	56
5	Desgaste de Sprockets.	6	2	7	84
6	Desgaste de cadena de arrastre de bagazo.	7	1	6	42
7	Paletas torcidas.	7	5	5	175
8	Desgaste de bocina de bronce de rueda libre lado conducido.	6	1	7	42
9	Descarrilamiento de cadena.	10	5	4	200
10	Desgaste y/o estiramiento de pernos de amarre de paletas.	6	4	7	168

FUENTE: Elaboración propia

Entonces del cuadro anterior se puede determinar que, de las fallas ponderadas, el 30% son fallas de alto riesgo, el 20 % son fallas de medio riesgo y el 50% representan a fallas de bajo riesgo. Se tomaron en consideración estos porcentajes para la elaboración del plan de mantenimiento según su implicancia.

4.3.2.3. Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) para Molinos Desmeduladores.

Como se puede evidenciar en la tabla 12, se realizó el análisis de modo y efectos de falla (AMEF) con el apoyo de los ingenieros y técnicos de la empresa Trupal S.A. con la finalidad de obtener las fallas funcionales más significativas del equipo en mención.

Tabla 12. Cuadro AMEF para fallas preponderantes para Molino Desmedulador.

Análisis de Modo y Efectos de Fallas (AMEF)			
EQUIPO:		Planta de Desmedulado en Seco (MOIST)	
Molino Desmedulador			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
En el proceso de desmedulado, separa la fibra de bagazo de la medula de bagazo.	Rotura de canastilla de molino.	Por el ingreso de piedras o palos que vienen junto con el bagazo proveniente de los ingenios azucareros o cuando por el desgaste del agujero de las cuchillas planas hace que roce con la plancha perforada y también por la rotura de las mismas cuchillas.	El efecto de este problema es que se pierde el bagazo por la rotura de la canastilla por consiguiente se debe parar el molino para su posterior cambio ocasionando una baja de producción.
Golpea el bagazo hacia las canastillas, separando la fibra de la medula.	Desgaste y rotura de cuchilla plana.	Por el mismo trabajo de las cuchillas y al ser que el bagazo es abrasivo se va desgastando y con el ingreso constante de cuerpos extraños que golpean las mismas se originan la rotura	Cada juego de cuchillas consta de 4 unidades previamente pesadas, al romperse una cuchilla trae como consecuencia el desbalanceo del equipo lo que se refleja en la excesiva vibración pudiendo ocasionar daños a los rodamientos e inmediatamente se debe parar el mismo para su pronta intervención en el cambio de todo el juego de cuchillas.

Atravesar por los 4 lados de las crucetas y sujetar por un extremo a las cuchillas plana.	Desgaste de pines.	Se origina por el rozamiento de pin con cuchilla que se da durante la operación del equipo, adicionalmente por la abrasión del bagazo.	Al igual que las cuchillas, por el desgaste de los pines se genera el desbalanceo del molino lo que se refleja en la excesiva vibración, el equipo se debe parar para realizar el cambio de un juego de pines que consta de 4 unidades.
Alojar los 3 rodamientos y crucetas de rotor.	Rotura de eje de rotor.	Por un mal procedimiento en el rellenado de asientos de los rodamientos.	Parada inmediata del molino desmedulador.
Permitir el giro del eje del rotor con respecto a la caja del molino y soportar las cargas radiales y axiales.	Rodamiento fundido	Por no tener lubricante en el camino de rodadura o por montar un rodamiento de dudosa procedencia el cual no garantiza un buen funcionamiento.	Parada inmediata del molino desmedulador.
Alojar a lo pines y transmitir el movimiento de giro del eje del rotor.	Desgaste de crucetas.	A consecuencia del mismo trabajo con el bagazo que resulta ser abrasivo, desgastando rápidamente el mismo.	El efecto de esta falla es que el molino presenta vibración al desgastarse de forma dispereja la cruceta, repercute en cargas axiales y radiales excesivas para los rodamientos.
Transmite la potencia del motor al rotor del molino.	Desalineamiento de poleas.	Por un alineamiento inadecuado ya que las caras de las poleas se encuentran oxidadas por el mismo ambiente y por no contar con un instrumento de alineación.	El efecto de esta falla es el desgaste prematuro de las 8 fajas de transmisión de potencia y su posterior rotura.
Sellar en conjunto con la tapa porta retenes ante la entrada de bagazo o agua al rodamiento	Desgaste de bocina tope.	Por el ingreso de bagazo entre el disco protector y la tapa porta retenes, roza con la bovina y no desgasta dejando canales.	Al ingresar el bagazo por la presión que se genera del mismo trabajo trae como consecuencia que pueda botar el retén protector de la tapa e ingresar al rodamiento de rodillos el cual por contaminación fallaría.
Mantener valores normales de cargas radiales y axiales en los rodamientos.	Vibración elevada en rotor de molino.	Por el desgaste de las crucetas durante el trabajo o por la rotura de pines o cuchillas planas durante el proceso de desmedulado ocasionando un desbalanceo del mismo rotor.	El efecto de esta falla es el deterioro de los rodamientos por las levadas cargas radiales y axiales que soporta y parada inmediata del equipo.

FUENTE: Elaboración propia

4.3.2.4. Número de prioridades de Riesgo (NPR) para Molino Desmedulador.

Al igual que en el conductor inclinado de bagazo, se elaboró el siguiente cuadro en donde muestra el número de prioridad de riesgo (NPR) que se le ponderó a cada falla que intervino en el AMEF realizado anteriormente, los valores de los NPR fueron obtenidos de la multiplicación de la severidad (SE), ocurrencia (OC) y detectabilidad (DE), estos valores fueron tomados de un cuadro de ponderaciones del anexo 16. En las ponderaciones realizadas se ha considerado los siguientes términos: alto riesgo, mediano riesgo y bajo riesgo, atribuyéndole también los siguientes valores.

Tabla 13. Valor de Prioridades de Riesgo (NPR).

Numero de NPR	Prioridad
NPR de Alto Riesgo	$NPR \geq 170$
NPR de Mediano Riesgo	$80 \leq NPR < 170$
NPR de Bajo Riesgo	$NPR < 80$

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 14. Análisis de Prioridades de Riesgo (NPR)

ÍTEM	FALLA CRÍTICA	SE	OC	DE	NPR
1	Rotura de canastilla de molino.	7	8	3	168
2	Desgaste y rotura de cuchilla plana.	7	9	3	189
3	Desgaste de pines.	8	6	4	192
4	Rotura de eje de rotor.	9	1	2	18
5	Rodamiento fundido	8	2	6	96
6	Desgaste de crucetas.	8	3	8	192
7	Desalineamiento de poleas.	7	2	7	98
8	Desgaste de bocina tope.	7	2	10	140
9	Vibración elevada en rotor de molino.	9	5	6	270

FUENTE: Elaboración propia

Con el cuadro anterior se puede definir que, de las fallas ponderadas en la evaluación, el 44.44% son de alto riesgo, el 44.44% son de mediano riesgo y el 11.11% son de bajo riesgo en el proceso. Se tomaron en consideración estos resultados para la elaboración del plan de mantenimiento según las exigencias.

4.3.3. Evaluación de fallas críticas por medio de la metodología de los 5 Por qué.

Para conocer las posibles causas de las fallas críticas de los equipos, se empleó la metodología de los 5 por qué el cual nos ayudó a tener un conocimiento más detallado sobre las fallas presentes en los equipos.

4.3.3.1. Evaluación de fallas de Conductor Inclinado de Bagazo (CIB).

El siguiente cuadro se elaboró con el apoyo del equipo de trabajo de la empresa Trupal S.A. con la finalidad de conocer cual es la causa de cada falla, se aplicó la herramienta de los 5 por qué, método por el cual se pudo llegar a saber cual es la causa más significativa a cada falla.

Tabla 15. Cuadro de análisis de fallas por método de los 5 por qué.

P 01		P 0i2		P 03		P 04		P 05			
PROBLEMA A ESTUDIAR	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	RESULTADO DEL ANALISIS	ACCION PROPUESTA
¿Por qué se descarrila la cadena del conductor?	Porque ingresa objetos extraños en el bagazo	¿Por qué está ingresando objetos extraños en el bagazo?	Porque se alimenta el bagazo directo en el conductor	¿Por qué se alimenta todo el bagazo directo en el conductor?	Porque no hay un equipo de selección de bagazo	¿Por qué no hay un equipo de selección de bagazo?	Porque no se ha propuesto			Proponer un equipo para la selección del bagazo	Inspección periódica por parte del operador y/o instalación de videocámara en zona de alimentación. (*)
	Porque ingresa sobrecarga de bagazo.	¿Por qué ingresa sobrecarga de bagazo?	Por mala alimentación	¿Por qué hay mala alimentación?	Por falta de experiencia del operador de C.F.					Capacitación de operadores de Cargadores Frontales.	
¿Por qué se rompe las orejas de soporte de las paletas?	Porque se descarrila la cadena del conductor.	¿Por qué se descarrila la cadena del conductor?	Porque ingresa objetos extraños en el bagazo	¿Por qué está ingresando objetos extraños en el bagazo?	Porque se alimenta el bagazo directo en el conductor	¿Por qué se alimenta todo el bagazo directo en el conductor?	Porque no hay un equipo de selección de bagazo	¿Por qué no hay un equipo de selección de bagazo?	Porque no se ha propuesto	Proponer un equipo para la selección del bagazo	Fabricar oreja con material propio de la empresa.
	Porque no soporta el sobreesfuerzo	¿Por qué no soporta el sobreesfuerzo?	Por el material de fabricación	¿Por qué se usa ese material?	Porque es lo que se usa en otro conductor.					Cambiar material de orejas de soporte.	

¿Por qué se tuercen las paletas?	Porque se descarrila la cadena del conductor.	¿Por qué se descarrila la cadena del conductor?	Porque ingresa objetos extraños en el bagazo	¿Por qué está ingresando objetos extraños en el bagazo?	Porque se alimenta el bagazo directo en el conductor	¿Por qué se alimenta todo el bagazo directo en el conductor?	Porque no hay un equipo de selección de bagazo	¿Por qué no hay un equipo de selección de bagazo?	Porque no se ha propuesto	Proponer un equipo para la selección del bagazo	(*)
	Porque no tiene suficiente refuerzo	¿Por qué no tiene más refuerzo?	Por el diseño de la paleta	¿Por qué es así el diseño de la paleta?	Porque se tomó del diseño usado en otro conductor					Cambiar diseño de la paleta	Inspección periódica por parte del operador de planta.
	Porque el operador demora en parar equipo cuando descarrila	¿Por qué demora en parar equipo cuando descarrila?	Por falta de atención de operador								

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 15 se puede observar la metodología aplicada de los 5 porqués a cada falla, consiguiendo de esta manera la causa más probable a cada problema como se describe en el cuadro anterior, siendo para el descarrilamiento de cadena su causa, el no tener un equipo de separación de materia prima, para la rotura de orejas la causa más probable resulta ser el tipo de material y por último para la falla de las paletas torcidas se obtuvo el cambio de diseño.

- **Descripción de las fallas del conductor.**

Se procederá a dar una descripción conceptual de las fallas que se presentan en el conductor.

Descarrilamiento de cadena.

Como se pudo mencionar en la tabla 15, el descarrilamiento de la cadena o básicamente de todo el conductor se da en la mayoría de sus casos por el ingreso de objetos extraños (palos , piedras, bloques compactos de bagazo) que ocasionan que la cadena se retire de su pista guía, normalmente para detectar una falla de esta magnitud se hace cuando ya ocurrió y como en algunas veces el operador de planta no se percata, sucede que rompe paletas, cadenas, etc. haciendo que el tiempo de reparación dure 8, 16 o hasta 24 horas de trabajo.

La parada de este equipo ocasiona que todo el proceso de desmedulado en seco se detenga por completo, generando que la demanda de la planta de desmedulado en húmedo no reciba la materia prima para la fabricación de pulpa de bagazo en el siguiente proceso.



Figura 12. Oreja de amarre de paleta

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 12 se puede observar las piedras o palos que vienen junto con el bagazo y que en la mayoría de los casos son los causantes de los descarrilamientos del conductor.

Rotura de orejas.

En este caso las orejas de amarre de las paletas sufren constantes roturas por lo mismo que entra al sistema los objetos extraños, ocasionando las paletas rotas. Estas orejas se usan bajo experiencia, es decir que ya se usa en otro conductor, aunque cabe resaltar que el otro conductor es de menor dimensión y la fibra que entra a ese proceso es limpia y no tiene bloques compactos, la cual se ubica en la planta de desmedulado en húmedo. Las orejas usadas son de material de hierro fundido que resultan ser muy frágiles a la hora de los golpes o impactos que son ocasionados por el ingreso de los materiales extraños.



Figura 13. Oreja de amarre de paleta

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 13 se puede observar una oreja de amarre rota producto del descarrilamiento del conductor, esa facilidad con la que se rompe la oreja es por el material con el cual está fabricado, hierro fundido.

ESTILO A

ESTILO B

ESTILO C

Cadena No.	Estilo		Paso	Diámetro Rodillo	Diámetro Bujes	Diámetro Perno	Entre barra laterales	Alto de placa lateral	Espesor de placas laterales	Aditamento AS2 Dimensiones					Diámetro bulón	Carga de trabajo	Carga de rotura	Peso
										A	B	C	E	F				
JKR0904	A/B	mm	101.60	50.80	25.40	17.53	31.00	44.50	7.87	82.30	79.50	107.95	77.72	45.50	9.65	2,200 kg	18,200 kg	12.10 kg/m
		in	4.00	2.00	1.00	0.69	1.22	1.75	0.31	3.24	3.13	4.25	3.06	1.75	0.38	4,850 lb	40,000 lb	8.11 lb/ft
JKR09060	A/B	mm	152.40	69.85	28.70	19.05	38.10	50.80	9.65	82.55	111.25	114.30	88.90	50.80	12.70	2,900 kg	27,200 kg	16.70 kg/m
		in	6.00	2.75	1.13	0.75	1.50	2.00	0.38	3.25	4.38	4.50	3.50	2.00	0.50	6,350 lb	60,000 lb	11.20 lb/ft
JKR2184	B	mm	152.40	76.20	31.75	22.35	35.05	50.80	9.65	88.90	142.75	127.00	91.95	50.80	12.70	3,000 kg	36,600 kg	18.50 kg/m
		in	6.00	3.00	1.25	0.88	1.38	2.00	0.38	3.50	5.62	5.00	3.62	2.00	0.50	6,500 lb	85,000 lb	12.41 lb/ft
JKR09061	A/B	mm	152.40	69.85	28.70	19.10	38.10	57.50	9.65	82.55	111.25	114.30	88.90	50.80	12.70	2,900 kg	38,600 kg	18.50 kg/m
		in	6.00	2.75	1.13	0.75	1.50	2.25	0.38	3.25	4.38	4.50	3.50	2.00	0.50	6,350 lb	85,000 lb	12.41 lb/ft
JKR9184	C	mm	152.40	76.20	31.80	23.90	38.90	63.50	12.70	88.90	142.75	127.00	104.60	50.80	12.70	3800 kg	45,400 kg	26.20 kg/m
		in	6.00	3.00	1.25	0.94	1.53	2.50	0.50	3.50	5.62	5.00	4.12	2.00	0.50	8300 lb	100,000 lb	17.57 lb/ft

Figura 14. Ficha de rotura de aditamento de cadena.

FUENTE: Elaboración propia

En la imagen anterior se puede observar la carga de rotura que puede soportar el aditamento de la cadena. Dicha información nos ayudará a poder elegir un mejor material que pueda soportar las cargas de trabajo originadas por los atoros y que se reflejan en las constantes roturas.

Torcedura de paletas.

Como en las fallas anteriores la torcedura de paletas se encuentra ligada al ingreso de objetos extraños, se puede decir que la poca resistencia que presenta las mismas es por el mismo diseño entonces se debería mejorar esta causa de la falla.

4.3.3.2. Evaluación de fallas del Molino Desmedulador

El siguiente cuadro de elaboró con el apoyo del equipo de trabajo de la empresa Trupal S.A. con la finalidad de conocer cual es la causa de cada falla, se aplicó la herramienta de los 5 por qué, método por el cual se pudo llegar a saber cual es la causa más significativa a cada falla.

Tabla 16. Cuadro de análisis de fallas por método de los 5 por qué.

P 01		P 02		P 03		P 04		P 05			
PROBLEMA A ESTUDIAR	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	RESULTADO DEL ANALISIS	ACCIÓN PROPUESTA
¿Por qué vibra el rotor del molino?	Por desalineamiento de poleas.	¿Por qué se desalinean las poleas?	Por mal montaje de polea.	¿Por qué se monta mal la polea?	Por falta de conocimiento.	¿Por qué hay falta de conocimiento ?	Porque no hay un procedimiento .			Documentar un procedimiento de montaje.	Procedimiento de montaje.
					Por no contar con herramientas necesarias.						
	Por falta de lubricación.	¿Por qué falta la lubricación?	Porque el lubricador no lubrica.	¿Por qué no lubrica el lubricador?	Porque no hacer seguimiento a los equipos.	¿Por qué no hace seguimiento a los equipos?	Porque no tiene una hoja de ruta.	¿Por qué no tiene hoja de ruta?	Porque no tiene un programa de lubricación.	Crear programa de lubricación.	Crear Plan de Lubricación.
					Por no contar con suficiente personal.						

¿Por qué se desgastan las crucetas?	Por cumplir sus horas de trabajo.										Crear ficha de inspección periódica de elementos.
	Por el rozamiento de la cruceta con el bagazo.	¿Por qué roza la cruceta?	Por el trabajo directo entre cruceta y bagazo.	¿Por qué trabaja directamente la cruceta con el bagazo?	Porque el bagazo cae por gravedad al molino.						
	Por el tipo de material.	¿Por qué se usa ese tipo de material?	Porque es el diseño inicial.							Cambiar material de crucetas.	
¿Por qué se desgastan los pines?	Por el rozamiento de la cuchilla con el pin.	¿Por qué roza la cuchilla con el pin?	Porque la cuchilla está sujeta por el eje.	¿Por qué se sujeta la cuchilla con el pin?	Por el diseño del molino.					Reducir rozamiento entre pin-cuchilla.	
¿Por qué se desgastan o rompen las cuchillas?	Por cumplir sus horas de trabajo.										
	Por el ingreso de objetos extraños.	¿Por qué está ingresando objetos extraños?	Porque se alimenta el bagazo directo en el conductor.	¿Por qué se alimenta todo el bagazo directo en el conductor?	Porque no hay un equipo de selección de bagazo.	¿Por qué no hay un equipo de selección de bagazo?	Porque no se ha propuesto.			Proponer un equipo para la selección del bagazo.	

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 16 se puede observar la metodología aplicada de los 5 porqués a cada falla, consiguiendo de esta manera la causa más probable a cada problema como se describe en el cuadro anterior, siendo para la vibración del rotor su causa, el no tener un procedimiento de montaje de la polea y un plan de lubricación, para el desgaste de las crucetas su causa resulta ser el tiempo de material usado, para el desgaste de los pines, al tener un movimiento pivotante su causa es el excesivo rozamiento y en las cuchillas resulta ser el ingreso de materiales extraño

- **Descripción de las fallas del Molino Desmedulador.**

Se procederá a dar una descripción conceptual de las fallas que se presentan en el molino desmedulador.

Vibración del Rotor del Molino.

Esta falla en el molino se puede originar por muchas causas las cuales pueden ser, por el desalineamiento del sistema de transmisión que este caso es por polea y faja, por un mal balanceo dinámico que es realizado por los mismos mecánicos de planta y mas que todo por la rotura de cuchillas o pines en el proceso de desmedulado. Las consecuencias a estas fallas son las sobrecargas radiales que sufren los rodamientos, la fatiga del mismo eje y sobrecarga de amperaje para el motor.

El tener operando a este equipo en esas condiciones dan como resultado un menor tiempo de trabajo del mismo dentro del proceso productivo.

Desgaste de Crucetas.

Básicamente esta falla sucede por las mismas horas de trabajo, el rozamiento que se da con el bagazo hace que este material se vuelva muy abrasivo a velocidades de 1200 rpm originando el desgaste de las primeras 10 crucetas. A esta situación se puede sumar el hecho de que las crucetas estas fabricadas del acero ASTM A36, material que presenta un menor valor de resistencia a la abrasión, reduciendo sus horas de trabajo y ocasionando el aumento en la vibración y un potencial problema mayor a todo el molino.

Desgaste de pines.

Básicamente esta falla se da por las mismas causas que suceden en las crucetas, solo que sumado a ello está el movimiento pivotante de parte de la cuchilla en el pin que hace que con la fuerza centrífuga forma un canal en el pin y de esa manera apareciendo una variación en el balanceo del molino, ocasionando vibración y una futura rotura del pin.

Desgaste y/o Rotura de Cuchillas.

Esta falla es la que más se presenta en el molino, producto del trabajo y la abrasión del bagazo con la cuchilla en el proceso de desmedulado, debilita la cuchilla, pero más con la caída por gravedad de la materia prima la cual trae consigo objetos extraños (palos, piedras y otros materiales) que ocasionan la rotura de las cuchillas. Al presentarse esta falla inmediatamente se procede a parar el equipo para su cambio de solo 2 cuchillas (en sentido opuesto) y su pronta puesta en operación. El tiempo que demora en hacerse este trabajo es de 1 a 2 horas depende de la disposición del mecánico.



Figura 15. Ficha de rotura de aditamento de cadena.

FUENTE: Elaboración propia

4.3.4. Recomendaciones propuestas a fallas de equipos críticos.

Las recomendaciones que serán mostradas a continuación, es solo una propuesta de solución a las fallas críticas de cada equipo, cabe resaltar que se debe realizar un estudio más profundo sobre estas soluciones presentadas a fin que se pueda tener en consideración parámetros necesarios para su estudio. Estas propuestas fueron realizadas con el apoyo del equipo de trabajo conformado por los ingenieros y técnicos de planta que fueron de gran ayuda gracias a sus años de experiencia dentro del proceso.

4.3.4.1. Conductor Inclinado de Bagazo (CIB).

- **Descarrilamiento de Cadena de Conductor.**

Como se pudo observar en el resultado del análisis de los 5 por ques del descarrilamiento de cadena del conductor, es necesario contar con un equipo que pueda ser la primera línea de detección de objetos extraños antes de ingresar al proceso, de modo que pueda reducir los tiempos de parada del mismo conductor, aumentando de esta manera la disponibilidad del equipo.

La propuesta es de instalar una pequeña tolva de recepción de bagazo, conformado por 4 tambores giratorios con pines de 1" como peines en toda la longitud del tubo, 2 motorreductores que se encargarían del accionamiento por giro de 2 tambores cada uno transmitido por piñón - cadena y en ambos que contengan pines de rotura.

Se puede resaltar que el equipo en mención ya es usado con una diferente configuración en la alimentación de fibra de bagazo ubicada en el patio de colcas que es el inicio del proceso de desmedulado en húmedo. La siguiente figura es solo una idea de como podría ser la tolva en la alimentación de bagazo en la desmeduladora Moist.

- **Rotura de orejas de soporte de paletas.**

Luego del análisis de la falla con la herramienta de los 5 por ques se obtuvo como resultado que el tipo de material no es el más adecuado, al ser de hierro fundido no tiene mucha resistencia a la rotura, siento este la falla que se presenta con mayor frecuencia.

La propuesta a esta falla, es el de fabricar las orejas de soporte con el material que más cuenta la empresa, el acero ASTM-A36, siendo este el que tiene una mayor resistencia a la rotura y con una relación costo – beneficio favorable para la empresa, el que se hace mención en el anexo 19, es adecuado mencionar que se recomienda un estudio más minucioso sobre la configuración de esta oreja con un nuevo material.

En la siguiente imagen se muestra la oreja de soporte conformada por plancha ASTM-A36 de 3/8" de espesor.



Figura 16. Oreja soporte de paleta.

FUENTE: Elaboración propia.

En la imagen anterior se puede observar el modelo de oreja que fue fabricada de material ASTM-A36.

- **Torcedura de paletas.**

Luego del análisis de la falla con la herramienta de los 5 por ques se obtuvo como resultado que el ingreso de objetos extraños es lo que está ocasionando la torcedura de las paletas dentro de la operación y sumado a ello, se tiene que el diseño de las mismas no es el indicado dentro de la operación.

La recomendación propuesta a esta falla es de que se pueda contar con un equipo de selección del bagazo, este equipo es el propuesto para disminuir los descarrilamientos del conductor, entonces se puede observar que con el montaje de este equipo se podría disminuir la frecuencia de estas 2 fallas. Se recomienda también hacer un estudio del diseño empleado para la fabricación de las paletas, de manera que se pueda aumentar la resistencia a la torsión dentro del proceso de desmedulado del bagazo.

4.3.4.2. Molino Desmedulador.

- **Vibración del Rotor del Molino.**

Como se pudo observar en el análisis con la herramienta de los 5 por ques para la vibración del molino, se recomienda contar con un equipo con el que se pueda hacer seguimiento sobre los valores en términos de vibración adecuados para el trabajo. En planta se cuenta con un equipo antiguo que no ofrece la medición adecuada para su óptimo funcionamiento en el proceso de desmedulado.

- **Desgaste de Crucetas.**

En esta falla de acuerdo al análisis aplicado, se recomienda hacer un estudio sobre la resistencia a la abrasión del material de las crucetas para poder aumentar la disponibilidad. Este tipo de material se viene usando desde inicios de la planta, pero en la actualidad con las exigencias en la producción han hecho que el desgaste sea mucho mayor.

- **Desgaste y/o Rotura de Cuchillas.**

A igual que en el análisis del descarrilamiento del conductor, el contar con un equipo de selección de materiales extraños sería una gran ventaja para disminuir las roturas de las cuchillas que son ocasionadas por el ingreso de piedras o palos.

Es necesario hacer un estudio más detallado sobre las propuestas a fin de que puedan ser viables en favor de disminuir estas fallas.

4.3.5. Elaboración de Plan de Mantenimiento

Se realizó el siguiente plan de mantenimiento teniendo en consideración las necesidades de planta.

Tabla 17. Plan de Mantenimiento para equipos.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO	PARTE	COMPONENTES MECÁNICOS	FRECUENCIA					
			DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAZO (CIB)	Conductor	Cadena de arrastre.	Inspección de rutina por operador.					Cambio integral de cadena.
		Piso de arrastre.	Inspección de rutina por operador.					Cambio de planchas de piso
		Pista y paredes de cadena.						Cambio de pistas y paredes.
		Orejas de soporte (flight wing).	Inspección por operador.	Cambio de pernos.	Cambio de orejas de soporte y pernos.			
		Paletas.	Inspección de paletas y cambio de ser necesario.					
		Ejes y Sprockets motriz - cola.						Rellenar dientes de Sprocket

MOLINOS DESMEDULADO RES	Sistema Transmisión	Cadena de transmisión.	Inspección y lubricación cadena.			
		Piñones.	lubricación de piñones.			
		Chumaceras.	Lubricación de rodamientos.			
		Dispositivo de seguridad.	Inspección visual por operador.	Cambio de pin fusible.		
		Reductor y acoplamiento.	Rellenar nivel de aceite			
		Templadores.	Mantenimiento de eje roscado.		Cambio de eje roscado.	
	Motor	Motor.	Realineamiento de acoplamientos.		Lubricación de rodamientos	Mantenimiento general
Rotor	Rotor.	Inspección de vibración.	Lubricación de rodamientos	Balanceo dinámico de rotor	Mantenimiento integro de rotor.	
	Crucetas.	Inspección visual			Cambio de crucetas.	

		Pines.	Inspección visual.	Cambio de pines.	
		Cuchillas.	Cambio de cuchillas cada 2 días.		
		Fajas	Inspección y lubricación de fajas.	Retemplado de fajas	Cambio de fajas.
		Polea		Inspección y mantenimiento	
	Motor	Motor.		Lubricación de rodamientos	Mantenimiento general
		Polea		Inspección y mantenimiento	

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla 17 se puede ver el plan de mantenimiento para cada parte de los equipos y la frecuencia con la que se debe realizar a fin de aumentar el tiempo de operación de los mismos.

4.4. Nuevos indicadores de disponibilidad y confiabilidad comparados con indicadores iniciales.

4.4.1. Nuevos indicadores después de plan de mantenimiento.

Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en los equipos críticos, se proyectó según el número de prioridades de riesgos (NPR), lo siguiente: Se resolvió el 30% de las fallas que se presentaron en el conductor inclinado de bagazo y el 44.44% de las fallas presentadas en los molinos desmeduladores. Se tomó en consideración el porcentaje de estas fallas, por ser las que representan mayor riesgo en los equipos.

De esta manera se determinó los nuevos indicadores de los equipos, tomando los porcentajes representativos de las fallas de mediano y bajo riesgo que en el conductor inclinado de bagazo representa el 70% y en el molino desmedulador es de 55.56%, estos valores harán variar el tiempo medio de reparación (MTTR), haciendo que el nuevo MTTR sea resultado del 70% y 55.56% de los valores iniciales tales como: i) conductor inclinado de bagazo(MTTR = 9.65) ii) molino desmedulador 1 y 3 (MTTR = 6.88 y 4.57). El nuevo tiempo medio entre fallas (MTBF) se obtiene sumando la diferencia de los MTTR inicial y proyectado con el MTBF inicial. Para tener un mejor conocimiento de las operaciones realizadas, se muestran en las siguientes operaciones:

- **Conductor Inclinado de Bagazo.**

$$\text{MTTR} = 9.65 \times 0.7 = 6.75 \text{ horas/falla}$$

$$\text{MTBF} = (9.64 - 6.75) + 41.92 = 44.81 \text{ horas/falla}$$

- **Molino Desmedulador.**

$$\text{MTTR} = 6.88 \times 0.5556 = 3.82 \text{ horas/falla}$$

$$\text{MTBF} = (6.88 - 3.82) + 13.37 = 16.43 \text{ horas/falla}$$

Habiendo obtenido los nuevos valores proyectados de MTTR y MTBF, haremos la comparación con los valores iniciales que serán representados en la siguiente tabla:

Tabla 18. Cuadro comparativo de indicadores iniciales y actuales.

CUADRO COMPARATIVO DE INDICADORES								
EQUIPO	MTBF (HORAS)		MTTR (HORAS)		DISPONIBILIDAD (%)		CONFIABILIDAD (%)	
	INICIAL	ACTUAL	INICIAL	ACTUAL	INICIAL	ACTUAL	INICIAL	ACTUAL
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAJO	41.92	44.81	9.65	6.75	81.29	86.90	91.05	91.60
MOLINO DESMEDULADOR 01	13.37	16.43	6.88	3.82	66.00	81.11	77.39	81.18
MOLINO DESMEDULADOR 03	13.30	15.33	4.57	2.54	74.41	85.78	76.29	79.07

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar los nuevos indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos de planta, estos nuevos valores son: i) conductor inclinado de bagazo (D = 86.9% y C = 91.6%), ii) molino desmedulador 01 (D = 81.11% y C = 81.18%), iii) molino desmedulador 03 (D = 85.78% y C = 79.07). Estos valores muestran que, con la aplicación del plan de mantenimiento, se aumenta la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos en el proceso productivo.

4.5. Cuadros económicos de la aplicación del plan de mantenimiento.

La finalidad del plan de mantenimiento es poder reducir el tiempo de parada en los equipos críticos, en consecuencia, se verá reflejado en un beneficio económico para la empresa.

4.5.1. Beneficio económico por reducción de horas perdidas.

En la siguiente tabla 19 se puede observar como eliminando las fallas críticas en los equipos se tiene una reducción en las horas perdidas lo que representa en un ahorro económico.

Para la elaboración del cuadro, se tuvo en consideración el costo del equipo parado.

- El conductor inclinado de bagazo, es un equipo que, al presentar falla, origina que todo el proceso se detenga, teniendo como costo de operación por hora de trabajo la suma de S/ 6000.00 soles, esta información fue proporcionada por medio de entrevista con el líder de producción de planta de Pulpa, obteniendo de este modo el siguiente cálculo para el ahorro de 312.30 horas.

Costo de operación x ahorro de horas perdidas

$$6000 \times 312.30 = 1,873,800.00 \text{ soles}$$

- Los molinos desmeduladores en cambio son equipos que, a pesar de parar por falla, el proceso puede seguir operando, pero viéndose afectada la producción necesaria por día, para este equipo tenemos un costo de operación por hora de trabajo de S/ 1500.00 soles. Este valor nos sirve para el siguiente cálculo del ahorro de 732.82 horas y 639.94 horas respectivamente.

Molino 01

Costo de operación x ahorro de horas perdidas

$$1500 \times 732.82 = 1,099,223.00 \text{ soles}$$

Molino 03

Costo de operación x ahorro de horas perdidas

$$1500 \times 639.94 = 959,904.00 \text{ soles}$$

Tabla 19. Valor económico de reducción de horas perdidas.

EQUIPOS	TIEMPO PARADO INICIO 1año	NUEVO TIEMPO PARADO CON MEJORA h/año	AHORRO DE HORAS PERDIDAS h/año	COSTO DE OPERACIÓN (S/. /h.)	VALOR DE AHORRO CON MEJORA (S/. / 1año)
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAZO	1041	728.70	312.30	6000.00	1,873,800.00
MOLINO DESMEDULADOR 01	1649	916.18	732.82	1500.00	1,099,223.00
MOLINO DESMEDULADOR 03	1440	800.06	639.94	1500.00	959,904.00
TOTAL	4130	2444.95	1685.05		3,932,927.00

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar los costos por hora de trabajo del conductor inclinado de bagazo y molinos desmeduladores, con estos valores se pudieron obtener los montos económicos de ahorro de los equipos aplicando el plan de mantenimiento preventivo en un tiempo de 1 año que fue el tiempo empleado en el estudio. Dicho monto es de S/ 3,932,927.00 soles

Al eliminar las fallas que ocasionan que la desmeduladora Moist esté parada, se obtiene también como un beneficio colateral el abastecimiento de médula de bagazo hacia la caldera de cogeneración de energía, de modo que el consumo de carbón es menor al usar también la médula como fuente de energía, esto se refleja en un menor costo por tonelada de carbón consumido.

4.5.2. Costos para la implementación del mantenimiento preventivo.

Para la aplicación del plan de mantenimiento es necesario contar una serie de repuestos, herramientas y capacitaciones para el personal, por consiguiente, se asegura la correcta aplicación del plan de mantenimiento en los equipos críticos estudiados.

4.5.2.1. Costo de Repuestos.

En el cuadro siguiente se muestra los repuestos necesarios, valor unitario y costo total en paquete para la aplicación del plan de mantenimiento.

Tabla 20. Costos de repuestos necesarios para plan de mantenimiento preventivo.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAZO				
1	Cadena de arrastre tipo DB	295 pies	S/150.00	S/44,250.00
2	Plancha A-36 de 1/4" x 4' x 8'	37 und	S/298.00	S/11,026.00
3	Platina de 3/8" x 3"	30 und	S/106.00	S/3,180.00
4	Angulo de 3" x 1/4"	30 und	S/111.00	S/3,330.00
5	Orejas de soporte	250 und	S/75.00	S/18,750.00
6	Perno cabeza hexagonal de 5/8" x 2.1/2" G-8	3000 und	S/1.00	S/3,000.00
7	Perno cabeza hexagonal de 1/2" x 1.1/2" G-8	6000 und	S/0.80	S/4,800.00
8	Paletas 150 cm x 25.2 cm	50 und	S/370.00	S/18,500.00
9	Grasa Anderol 86 EP-2	17 kg	S/65.00	S/1,105.00
10	Aceite Shell Omala 220	55 gal	S/31.00	S/1,705.00
11	Pin fusible	12 und	S/35.00	S/420.00
12	Eje roscado trapezoidal de 1"Ø x 36"	2 und	S/80.00	S/160.00
MOLINO DESMEDULADOR				
13	Cruceta	52 und	S/275.00	S/14,300.00
14	Pin	192 und	S/178.00	S/34,176.00
15	Cuchilla plana	10080 und	S/70.00	S/352,800.00
16	Faja 5V 1120	16 und	S/44.00	S/704.00
17	Rodamiento 7326 B	4 und	S/1,507.00	S/6,028.00
18	Rodamiento NU-2228	2 und	S/1,582.00	S/3,164.00
19	Reten Nitrilo Doble Labio 150mm x 180mm x 15mm	4 und	S/30.00	S/120.00
20	Reten Nitrilo Doble Labio 170mm x 200mm x 15mm	2 und	S/45.00	S/90.00
21	Reten Nitrilo Doble Labio 120mm x 145mm x 12mm	2 und	S/28.00	S/56.00
22	Pernos cabeza hexagonal de 1" x 3" G-2	36 und	S/2.50	S/22.50

23	Pernos cabeza hexagonal de 3/4" x 2"	16 und	S/1.50	S/24.00
24	Perno cabeza hexagonal 1/2" x 2" G-8	12 und	S/1.00	S/12.00
25	Soldadura Citodur 600	50 kg	S/50.50	S/2,525.00
TOTAL				S/524,247.50

FUENTE: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se observa los repuestos necesarios para poder aplicar el plan de mantenimiento en un lapso de 1 año, se puede apreciar el precio unitario de cada repuesto y el costo total por la cantidad requerida, el cual es S/ 524,247.50 soles.

4.5.2.2. Costo de Herramientas e Instrumentos.

Para la realización del plan de mantenimiento preventivo y un correcto procedimiento es necesario contar con herramientas e instrumentos que aseguren que los técnicos mecánicos puedan trabajar adecuadamente. En la siguiente tabla se muestra las herramientas que se requieren y el costo unitario.

Tabla 21. Costo de herramientas.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Calentador de rodamientos por inducción	1	S/12,000.00	S/12,000.00
2	Alineador laser para ejes	1	S/17,400.00	S/17,400.00
3	Alineador laser para poleas	1	S/7,200.00	S/7,200.00
4	Juego de llaves mixtas en pulgadas (3/8" - 1")	3 jgo	S/800.00	S/2,400.00
5	Juego de llaves mixtas en milímetros (8mm - 22mm)	3 jgo	S/800.00	S/2,400.00
6	Llave mixta 1.1/8"	3 und	S/92.00	S/276.00
7	Llave mixta 1.5/16"	3 und	S/150.00	S/450.00
8	Llave mixta 1.1/2"	3 und	S/205.00	S/615.00
9	Llave mixta 1.7/16"	2 und	S/205.00	S/410.00
10	Llave de golpe de 1.1/2"	2 und	S/285.00	S/570.00
11	Llave Francesa de 12"	3 und	S/110.00	S/330.00
12	Llave Inglesa de 12"	3 und	S/115.00	S/345.00
13	Llave ratchet de 1"	2 und	S/450.00	S/900.00

14	Juego de llaves Allen en milímetros	3 und	S/65.00	S/195.00
15	Juego de llaves Allen en pulgadas	3 und	S/65.00	S/195.00
16	Juego de destornilladores	3 und	S/95.00	S/285.00
17	Juego de dados con palanca de 1/2" en pulgadas	2 und	S/407.00	S/814.00
18	Dado de impacto largo de 3/4" encaсте de 1/2"	2 und	S/85.00	S/170.00
19	Dado de impacto largo de 15/16" encaсте de 1/2"	2 und	S/207.00	S/414.00
20	Dado de impacto de 1.1/8" encaсте de 1"	2 und	S/205.00	S/410.00
21	Dado de impacto de 1.1/2" encaсте de 1"	2 und	S/235.00	S/470.00
22	Comba de acero de 12 lb	3 und	S/350.00	S/1,050.00
23	Comba de acero de 6 lb	3 und	S/180.00	S/540.00
24	Vernier de 6"	3 und	S/210.00	S/630.00
25	Tecle de 3 ton	2 und	S/800.00	S/1,600.00
26	Tecle de 1 ton	3 und	S/380.00	S/1,140.00
27	Tecle rachet de 1.5 ton	3 und	S/405.00	S/1,215.00
28	Alicate mecánico	3 und	S/35.00	S/105.00
29	Tijera para empaquetadura	3 und	S/92.00	S/276.00
30	Eslinga de 5 ton	3 und	S/270.00	S/810.00
31	Estrobo de acero de 3/4"	3 und	S/180.00	S/540.00
32	Cáncamo articulable de 5 ton	2 und	S/4,200.00	S/8,400.00
33	Aceitera	3 und	S/25.00	S/75.00
34	Cíncel de 26 mm x 300	3 und	S/61.00	S/183.00
35	Cíncel de 18 mm x 150	3 und	S/33.00	S/99.00
36	Lima plana bastarda	3 und	S/28.00	S/84.00
37	Lima plana semifina	3 und	S/28.00	S/84.00
TOTAL				S/65,080.00

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra los costos de las herramientas e instrumentos necesarios para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo. El valor total de la inversión es de S/ 65,080.00 soles.

4.5.2.3. Costo de Mano de Obra del Personal.

Para una correcta ejecución del plan de mantenimiento preventivo, es necesario contar con la siguiente mano de obra de personal. En la siguiente tabla se muestra el personal requerido y el costo por su contrato.

Tabla 22. Costo de Mano de Obra

ÍTEM	Puesto de Trabajo	Sueldo Mensual	Horas al Mes	Costo por Hora
1	Líder de Mantenimiento	S/7,000.00	240	S/29.17
2	Supervisor de Mantenimiento	S/3,500.00	240	S/14.58
3	Planner de Mantenimiento	S/2,700.00	240	S/11.25
4	Técnico Mecánico I	S/1,800.00	240	S/7.50
5	Técnico Mecánico II	S/2,200.00	240	S/9.17
6	Técnico Electricista I	S/1,800.00	240	S/7.50
7	Técnico Electricista II	S/2,200.00	240	S/9.17
8	Técnico Soldador	S/2,000.00	240	S/8.33
9	Operador de Desmeduladora	S/1,700.00	240	S/7.08
Costo Total Mensual		S/24,900.00		
Costo Total en 1 año		S/298,800.00		

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar el costo mensual por concepto de mano de obra de personal calificado para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, en él se puede referenciar el sueldo mensual que percibe cada profesional, así mismo las horas de trabajo al mes y lo que equivale monetariamente una hora de trabajo, obteniéndose de tal modo un costo Anual total de S/ 298,800.00 soles.

5.5.2.4. Costo de Capacitación de Personal.

Al tener que contar con instrumentos técnicos para la correcta ejecución del plan de mantenimiento preventivo, es necesario que el personal técnico involucrado directamente en el procedimiento tenga conocimientos sobre el uso adecuado de los mismos, así mismo es indispensable que cuenten con capacitaciones sobre su uso. Estos costos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 23. Costos de Capacitaciones

ÍTEM	Concepto de Capacitación	Número de Veces	Costo Unitario	Costo Total
1	Operación de Alineador Laser para ejes	2	S/3,000.00	S/6,000.00
2	Operación de Alineador Laser para poleas	1	S/1,500.00	S/1,500.00
3	Operación de Calentador de Rodamientos	2	S/3,000.00	S/6,000.00
Costo Total				S/13,500.00

FUENTE: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se observa el monto de S/. 13,500.00 soles, que resulta ser el total de los costos por concepto de capacitaciones para el personal involucrado en el plan de mantenimiento.

4.5.3. Beneficio Útil del Plan de Mantenimiento.

En el cuadro siguiente se presenta el beneficio útil del presente plan que resulta ser el monto ahorrado en horas de trabajo menos los diferentes costos que conllevan el plan de mantenimiento preventivo.

En el siguiente cuadro se detalla el monto resultante como beneficio útil.

Tabla 24. Resumen de Costos de Plan de Mantenimiento

ÍTEM	Descripción	Condición	Monto
1	Ahorro en horas perdidas	Ingreso	3,932,927.00
4	Costo de mano de obra	Egreso	298,800.00
5	Costo de capacitaciones	Egreso	13,500.00
Beneficio Útil			3,620,627.00

FUENTE: Elaboración propia.

4.5.4. Retorno Operacional de la Inversión.

Para poder realizar el retorno operacional de la inversión, se procedió a dividir el costo inicial de la inversión que no es mas que la suma de todos los gastos por concepto de compra de equipos, herramientas y repuestos entre el beneficio útil, que resulta ser el costo de ahorro de horas de trabajo menos el costo de gastos en sueldos y capacitaciones del personal de planta.

$$\text{R.O.I.} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Beneficio Útil}}$$

$$\text{R.O.I.} = \frac{589,327.50}{3,620,027.00}$$

$$\text{R.O.I.} = 0.16 \text{ años} / 1.92 \text{ meses}$$

Con la ejecución proyectada del plan de mantenimiento preventivo, nos da como resultado del retorno de la inversión, un tiempo aproximado de 2 meses.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, se estudió y proyectó la mejora de la disponibilidad y confiabilidad del conductor inclinado de bagazo (CIB) y molinos desmeduladores por medio de un plan de mantenimiento preventivo.

En primer lugar, se diagnosticó la condición actual del mantenimiento aplicado a los equipos de la desmeduladora Moist, se recopiló la información de los tiempos de operación y parada en horas, mediante la herramienta de hojas de cálculo que sirvió para procesar los datos adquiridos del sistema SAP y cuaderno de reportes de operación por parte de los operadores de planta, sustentado en las teorías de otras investigaciones (Suarez Arenas, 2018), quien usó el método de hojas de cálculo para la recopilación de la información de operación de los equipos de planta con la finalidad de conocer la condición de operación de dichos equipos, se puede discutir que el levantamiento de información en este caso de horas de trabajo es el primer paso para una buena gestión de mantenimiento, después del procesamiento de información se obtuvieron los siguientes valores:

- i) Conductor Inclinado de Bagazo (CIB), se obtuvieron los indicadores de Disponibilidad de 81.29% y Confiabilidad de 91.05% respectivamente.
- ii) Molino Desmedulador 01, para lo cual luego del procesamiento se obtuvieron los siguientes indicadores de Disponibilidad de 66% y Confiabilidad de 77.39%.
- ii) Molino Desmedulador 03, se obtuvieron los indicadores de Disponibilidad de 74.41% y Confiabilidad de 76.29% respectivamente.

En segundo lugar se identificó cuales eran los equipos que presentaban mayor tiempo de parada por fallas, para esta selección se tomó en cuenta lo mencionado por (Fernandez, 2018), quien menciona que la falla es el cese de la capacidad de que un elemento pueda cumplir una función requerida, de tal forma de pudo evidenciar el número de fallas que presentaba cada equipo de la desmeduladora Moist, haciendo uso de la herramienta de análisis de criticidad se dió a conocer que por relación de cantidad de fallas y su incidencia en la producción, los equipos que nos dió como resultado fueron:

- i) Conductor Inclinado de Bagazo, con un valor de criticidad de 120.
- li Molino Desmedulador 01, con un valor de criticidad de 130.
- iii) Molino Desmedulador 03, también con un valor de criticidad de 130.

Estos valores se pudieron contrastar con los valores de otra investigación (Diestra Quevedo, y otros, 2017), que con la finalidad de conocer cual era el equipo con mayor criticidad, realizaron un diagnóstico situacional de las maquinas con mayor uso, ayudándose de la herramienta de matriz de criticidad, pudieron conocer cuales fueron dichos equipos.

En tercer lugar, luego de identificar los equipos con mayor criticidad se procedió a hacer una análisis de las fallas preponderantes en los 3 equipos que fueron motivo del estudio(conductor inclinado de bagazo, molino desmedulador 01 y molino desmedulador 03), este análisis se realizó con la ayuda de la herramienta de Análisis de Modo y efectos de Falla (AMEF) como lo mencionado por (Moubray, 2004), que dice, que al definirse las causas de las fallas es posible establecer la criticidad de las mismas fallas y su impacto en los objetivos de operación, motivo por el cual se realizó el análisis con el equipo de trabajo de planta, teniendo las causas posibles a las fallas, tal como se puede evidenciar en otras investigaciones (Caballero Lopez, 2015), que después de haber estudiado varias herramientas en la aplicación de planes de mantenimiento se inclinó por el AMEF, con lo cual pudo conocer las causas a las fallas de los equipos de la empresa donde realizó el estudio. A fin de conocer más a fondo todas las causas probables a las fallas presentadas, se optó con usar la herramienta de los 5 por ques, método que nos proporcionó llegar a la raíz de las fallas encontradas, de esa manera la acción preventiva nos brindó el conocimiento de dichas causas con la finalidad de que con la elaboración del plan de mantenimiento preventivo reduzca las fallas con mayor riesgo y por consiguiente un aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos estudiados tal como lo menciona (Sosa, 2014), que dice, el mantenimiento es la condición de mantener el estado óptimo de operación de un proceso productivo ejecutando un conjunto de acciones organizadas y programadas con la finalidad de que este no falle en el tiempo.

En cuarto lugar, se pudo evidenciar por medio de una proyección en la reducción de fallas, que al eliminar las fallas con mayor riesgo aplicando un plan de mantenimiento preventivo, los indicadores como tiempo promedio entre fallas(MTBF), Disponibilidad y Confiabilidad de los equipos aumentaron y que el tiempo promedio para reparar (MTTR) en los tres equipos tuvieron una reducción lo que demuestra que con la aplicación del plan de mantenimiento se obtiene una reducción en la frecuencia de fallas tal como lo plantea en una investigación (García, 2013), donde demostró que con las actividades del mantenimiento preventivo redujo las horas de reparación en 7 horas entre mantenimiento mecánico y eléctrico y por consiguiente un aumento en la disponibilidad de 2.03% .

Finalmente, con la buena aplicación del plan de mantenimiento trae por consiguiente una disminución en horas paradas de los equipos que fueron estudiados, lo que se refleja económicamente en S/ 3,932,927.00 soles, monto que es beneficioso para la empresa al obtener un aumento en su margen de ganancia en su proceso de Desmedulado en seco. Para que el plan de mantenimiento preventivo sea eficaz se tiene que contar con stock de repuestos y herramientas lo que conlleva a una inversión de S/ 589,327.50 soles, esto garantizará que los objetivos propuestos se cumplan.

Con la investigación realizada, se puede decir que un buen plan de mantenimiento preventivo reduce las paradas imprevistas y aumenta la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la planta de desmeduladora Moist.

VI. CONCLUSIONES

Luego del proceso de investigación de la presente tesis se llegaron a las siguientes conclusiones de acuerdo a cada objetivo específico.

1. Que haciendo uso del sistema SAP que es el software usado por la empresa, cuaderno de reportes de operación por parte de los operadores de planta, se llegó hacer un levantamiento de información de horas de trabajo y horas de parada de los equipos de la desmeduladora Moist, datos que fueron procesados en una hoja de cálculo de manera que se pudo conocer el estado actual de operación de los equipos estudiados, teniendo como indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad los siguientes valores: i) Conductor Inclinado de Bagazo **D (81.29%) – C (91.05%)** y tiempo parado por fallas es de **607 horas** ii) Molino Desmedulador 01 **D (66.00%) – C (77.39%)** y tiempo parado por fallas es de **962 horas** ii) Molino Desmedulador 03 **D (74.41%) – C (76.29%)** y tiempo parado por fallas es de **840 horas**, en valor de tiempo parado de los equipos se Estos datos fueron el inicio de la condición de operación actual de los equipos de planta.
2. Que aplicando la herramienta de un cuadro de análisis de criticidad a los todos los equipos de la desmeduladora Moist, se llegó a identificar que equipos eran los que presentaban los menores valores de Disponibilidad y Confiabilidad, los criterios aplicados en análisis fueron los siguientes: frecuencia de falla, impacto operacional, tiempo promedio para reparar, costos de mantenimiento correctivo e impacto operacional, se estableció que de los 16 equipos en la desmeduladora Moist, 3 son de criticidad Alta. 7 son de criticidad Media y 6 de criticidad Baja.
3. Haciendo uso del Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF) se determinó con el apoyo del equipo de trabajo conformado por personal de la empresa (Supervisores, mecánicos y operarios), las fallas preponderantes en los equipos del conductor inclinado de bagazo y molinos desmeduladores. A través del Número Prioridades de Riesgo (NPR), se identificó que en el conductor inclinado de bagazo (CIB) se tiene que, 3 fallas (30%) son de alto riesgo, 2 fallas (20%) son de mediano riesgo y 5 fallas (50%) son de bajo riesgo y en los molinos desmeduladores se tiene que, 4 fallas (44.44%) son de alto riesgo, 4 fallas (44.44%) son de mediano riesgo y 1 falla (11.11) es de bajo riesgo.

4. Aplicando la herramienta de los 5 por ques se evaluaron las fallas críticas de los equipos estudiados, teniendo como causas de las fallas del conductor inclinado de bagazo lo siguiente: i) Para el descarrilamiento de la cadena de conductor – la falta de un equipo de selección de bagazo, ii) Para la rotura de orejas – el cambio de material de fabricación y iii) La torcedura de paletas – la falta de un equipo de selección de bagazo y las causas de las fallas de los molinos desmeduladores lo siguiente: i) Vibración del molino – falta de un procedimiento de montaje y programa de lubricación, ii) Para el desgaste de las crucetas – cambio de material y iii) Para el desgaste o rotura de cuchillas – la falta de un equipo de selección de bagazo.
5. Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo tomando en consideración las fallas presentadas en los equipos, el análisis de modo y efectos de falla (AMEF) permitió al igual que la herramienta de los 5 por ques conocer las causas de las fallas con alto riesgo, en consecuencia, el plan de mantenimiento tuvo como finalidad eliminar las fallas en el proceso de producción con una frecuencia diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral y mensual.
6. Se proyectaron los nuevos indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos estudiados con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, dando como resultado los nuevos indicadores de disponibilidad y confiabilidad a los siguientes valores:
 - i) Conductor Inclinado de Bagazo, con un aumento de **5.61%** la nueva Disponibilidad es de **86.90%** y con un aumento de **0.55%** la nueva Confiabilidad es de **91.60%**.
 - ii) Molino Desmedulador 01, con un aumento de **15.11%** la nueva Disponibilidad es de **81.11%** y con un aumento de **3.79%** la nueva Confiabilidad es de **81.18%**.
 - iii) Molino Desmedulador 03, con un aumento de **11.37%** la nueva Disponibilidad es de **85.78%** y con un aumento de **2.78%** la nueva Confiabilidad es de **79.07%**.

7. Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, se pudo proyectar el beneficio económico en relación a la reducción de horas de tiempo parado de los equipos tales como:

- i) Para el conductor inclinado de bagazo se obtuvo una reducción de 312.30 horas con respecto al tiempo parado inicial, lo que da como resultado un nuevo tiempo parado por fallas de 728.70 horas, lo que representa en un ahorro económico de S/ 1,873,800.00 soles.
- ii) Para el molino desmedulador 01 se obtuvo una reducción de 732.82 horas con respecto al tiempo parado inicial, lo que da como resultado un nuevo tiempo parado por fallas de 916.18 horas, lo que representa en un ahorro económico de S/ 1,099,223.00 soles.
- iii) Para el molino desmedulador 03 se obtuvo una reducción de 639.94 horas con respecto al tiempo parado inicial, lo que da como resultado un nuevo tiempo parado por fallas de 800.06 horas, lo que representa en un ahorro económico de S/ 959,904.00 soles.

En total se tuvo un ahorro de 982.91 horas de trabajo y un ahorro total de los 3 equipos de S/ 2,293,813.00 soles.

8. Para la buena ejecución del plan de mantenimiento preventivo y obtener los porcentajes en los indicadores de disponibilidad y confiabilidad proyectados es necesario invertir en la adquisición de repuestos y herramientas por un monto de S/ 589,327.50 soles lo que permitirá a los técnicos mecánicos realizar el mantenimiento en los tiempos establecidos.

9. En el análisis económico del retorno operacional de la inversión, se obtuvo como resultado que el retorno de la inversión se dará en 2 meses.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa la aplicación del plan de mantenimiento preventivo propuesto por el autor, con la finalidad de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Se recomienda hacer un estudio de viabilidad en el montaje de un equipo de selección de bagazo en el inicio del proceso de la desmeduladora Moist.

Se recomienda hacer un estudio detallado del tipo de material usado en las cuchillas, crucetas y pines de los molinos desmeduladores.

Se recomienda capacitar al personal de operación en la detección de fallas en base a las inspecciones rutinarias que deberán hacer como par del mantenimiento autónomo.

Se recomienda realizar los registros diarios de operación y fallas de los equipos de la desmeduladora Moist.

Se recomienda la capacitación del personal mecánico en la operación de los instrumentos de alineamiento laser e inductor de calor para rodamientos.

REFERENCIAS

Alban Salazar, Nery Ebonny. 2017. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad.* 2017.

Caballero Lopez, Julian David. 2015. *Elaboracion de software de mantenimiento para BioCastilla S.A. y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo con base de datos de equipos de su planta extractora.* 2015.

Cabanas, Manés Fernández. 1998. *Técnicas para el mantenimiento diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas.* Marcombo : s.n., 1998.

Castillo, D y Cieza, O. 2013. *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricacion que permita mejorar la confiabilidad de la maquinaria en la planta Merrill Crowe de minera Coimalche S.A.* Cajamarca, Peru : s.n., 2013.

Chusin, Edwin Orlando y ORLANDO, Edwin. 2008. *Mantenimiento industrial.* Macas-Ecuador : s.n., 2008.

De León, Félix Cesáreo Gómez. 1998. *Tecnología del mantenimiento industrial.* s.l. : Editum, 1998.

Depestre Linares, Luis Orlando. 2012. *Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.* Santa Clara, Cuba : s.n., 2012. Vol. 39.

Diestra Quevedo, Juan, Esquivel Paredes, Lourdes y Guevara Chinchayan, Robert. 2017. *Porgrama de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad.* 2017.

Espinoza, F. 2013. *Confiabilidad Operacional de Equipos: Metodologías y Herramientas.* Talca : s.n., 2013.

Fernandez, Alberto. 2018. *Gestion y Planificacion del Mantenimiento Industrial.* Madrid : s.n., 2018.

Garcia Garrido, Santiago. 2008. *Ingenieria de Mantenimiento.* [En línea] 2008. [Citado el: 20 de 11 de 2019.]

García, Jesús. 2013. *Mejorar actividades del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los ewuipos de bajo perfil de la U.M MILPO IESA S.A.* Huancayo : s.n., 2013.

Garcia, M. 2018. *Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa comercial molinera SAN LUIS SAC,* 2018. 2018.

Garrido, Santiago García. 2010. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid : Ediciones Diaz de santos, 2010. 9788479785772.

La Administración de Riesgos Empresariales. Mejía Quijano, Rubí Consuelo. 2004. 2004.

Lárez, Alexis. 2017. *Herramienta de Confiabilidad alineada a la gestión de activos ISO 55000*. s.l. : Circulo Rojo, 2017. pág. 204.

Lopez Garcia, jorge. 2019. *Gestion de Mantenimiento Eficiente*. [En línea] 2019. [Citado el: 20 de 11 de 2019.] <http://gestionmantenimientoeficiente.blogspot.com/2013/02/las-cinco-generaciones-del-mantenimiento.html>.

Lopez Loayza, Jhordan Smith. 2019. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el área de preparación de caña en la Empresa Azucarera Agrolmos*. Lambayeque : s.n., 2019.

Mantenimiento y seguridad industrial. Molina, José. 2006. 20-23, 2006, Vol. 214.

Mejia Quijano, Rubí Consuelo. 2004. *La Administración de Riesgos Empresariales*. 2004.

Molina, José. 2006. *Mantenimiento y seguridad industrial*. 2006. pág. 2. Vol. vol.214.

Mora Gutierrez, Luis Alberto. 2009. *Mantenimiento-Planeación, ejecución y control*. s.l. : Alfaomega Grupo Editor, 2009.

Moubray, John. 2004. *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. Asheville, North Carolina USA : Aladon LLC, 2004.

Osorio Esteba, ROY SERGIO. 2016. *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora diamantina superdrill H600 de la empresa Maqpower S.A.C*. 2016.

Palencia, Oliverio García. 2011. *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. s.l. : Ediciones de la U, 2011.

Rocha Avila. 2017. *Estudio del proceso de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de las máquinas de soldar de la empresa construcciones metalmecánicas Gómez ubicada en el sector de TABABELA – QUITO*. Quito : s.n., 2017.

Rodriguez Machado, Antonio. 2012. *Manual de gestión de mantenimiento*. 2012.

Sacristan, Francisco. 2001. *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. s.l. : FC Editorial, 2001.

Sosa, Tomás. 2014. *Los secretos del mantenimiento Industrial*. 2014.

Suarez Arenas, Ericsson. 2018. *Mantenimiento Preventivo para mejorar la Disponibilidad de Equipos en la emprsa Petramás SAC - Ate 2018*. Lima : s.n., 2018.

Vargas, Alejandro. 2012. *Mantenimient Industrial*. [En línea] 2012. [Citado el: 20 de 11 de 2019.] <http://mntoindustrial.blogspot.com/2012/09/2.html>.

Verdezoto Alvarez, Natali Elizaberth. 2015. *Propuesta de elaboración de un plan de mantenimiento predictivo, basado en la criticidad de los equipos del proceso de laminación en caliente para la empresa Andes S.A.* 2015.

Zapata, Carlos. 2011. *Confiabilidad en Ingenieria*. Colombia : Pereira Publiprint, 2011.

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INDICADORES	ESCALA NOMINAL
Variable Independiente Plan de Mantenimiento	Conjunto de tareas preventivas que se realizarán en una instalación para cumplir con la disponibilidad, confiabilidad y objetivos finales de maximizar la vida útil del equipo.	se realizará levantamiento de equipos con uso de fichas técnicas teniendo en consideración las recomendaciones del fabricante para la realización de la programación.	Porcentaje de avance de trabajos de mantenimiento. Porcentaje de programación de mantenimientos de equipos de planta.	Porcentaje de ejecución del plan de mantenimiento preventivo	Cuantitativa de Razón.
Variable Dependiente Disponibilidad	Es la facilidad que tiene un activo de estar en un estado con el fin de que pueda estar realizando una función requerida en ciertas condiciones determinadas en un intervalo de tiempo, tomando en consideración que se han proporcionado los recursos externos necesarios.	Se realizará fichas de trabajos con tiempos de horas de trabajos por cada turno a fin de saber las horas trabajadas de cada equipo usado en la producción de la desmeduladora en seco.	Tiempo en los mantenimientos. Tiempo perdido por máquina parada. Costos de horas hombre.	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Cuantitativa de Razón.

Variable Dependiente Confiabilidad	Es la facilidad que tiene un activo o componente que en ciertas condiciones pueda realizar una función requerida en un intervalo de tiempo determinado.	Se realizará fichas de trabajos con tiempos de horas de trabajos por cada turno a fin de saber las horas trabajadas de cada equipo usado en la producción de la desmeduladora en seco, de la tal manera se podrá calcular el porcentaje de confiabilidad de los equipos.	<p>Tiempo de operación del equipo en la producción.</p> <p>Total de horas trabajadas de los equipos luego de un mantenimiento.</p>	$R = e^{\frac{-\lambda * T}{100}}$	Cuantitativa de Razón.
------------------------------------	---	--	--	------------------------------------	------------------------

ANEXO 02. Instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumento	Variable	Unidad de Análisis
Entrevista Personal	Hoja de entrevista	Mantenimiento Preventivo	Líder de Mantenimiento / Líder de Producción
Encuesta	Hoja de Preguntas	Mantenimiento Preventivo	Operador de mantenimiento / Operador de producción
Análisis Documental	Hoja de ingreso de datos	Mantenimiento Preventivo	Registros de paradas por mantenimiento
Análisis Documental	Ficha de registro de datos	Costos de mantenimiento	Registros de costos de mantenimiento

ANEXO 03. Carta de autorización de uso de datos.



CARTA DE AUTORIZACION PARA USO DE DATOS EN TESIS

Trujillo, 19 de Diciembre del 2020.

Yo Ronald Benjamín Plasencia Medina, identificado con DNI N° 18858558, supervisor de Mantenimiento Mecánico planta de Pulpa, representante de la empresa TRUPAL S.A., con RUC N° 20418453177, autorizo a Gustavo Fidel Torres Gonzales, utilizar los datos de la organización necesarios para desarrollar su informe de tesis referidos al Proyecto: Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa TRUPAL S.A.


 **TRUPAL S.A.**
PROFESIONALES DEL EMPAQUE
.....
Ing. Ronald Plasencia Medina
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

Firma y Sello de Representante de la Empresa

ANEXO 04. Formato ficha técnica.

[illegible]

ANEXO 05. Validación de instrumento.

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (FICHA TÉCNICA) - TRUJILLO, 2020**

Yo Ronald Benjamín Plasencia Medina
 con DNI N° 18858558 de profesión
Ing. Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Ronald Benjamín Plasencia Medina
 ING. MECANICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 191536

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (FICHA TÉCNICA) - TRUJILLO, 2020**


Yo Ruben Dario Barboza Ordoñez
 con DNI N° 43278113 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


RUBEN DARIO BARBOZA ORDOÑEZ
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP N° 182283

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (FICHA TÉCNICA) - TRUJILLO, 2020**

Yo, Oscar Dany Valderrama Ponzo
con DNI N° 43734255 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento - Caldera - Pto Fza.

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


Oscar Dany Valderrama Ponzo
ING. MECANICO ELECTRICISTA
R. CIP. N° 190365

ANEXO 06. Formato de Disponibilidad y Confiabilidad.

CUADRO DE HORAS DE TRABAJO / DISPONIBILIDAD / CONFIABILIDAD								
EQUIPO	HORAS DISPONIBLES DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	NUMERO DE PARADAS	TIEMPO DE PARADAS (HORAS)	MTBF (HORAS)	MTTR (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)	CONFIABILIDAD (%)

ANEXO 07. Validación de instrumento.

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (DISPONIBILIDAD - CONFIABILIDAD)**

TRUJILLO, 2020

Yo Ronald Benjamin Plasencia Medina
..... con DNI N° 18858558 de profesión
Ing. Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Ronald Benjamin Plasencia Medina
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 191536

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (DISPONIBILIDAD - CONFIABILIDAD)**

TRUJILLO, 2020

Yo Rubén Darío Barboza Ordoñez
....., con DNI N° 43278113 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento.....

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


RUBÉN DARÍO BARBOZA ORDOÑEZ
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP N° 182283

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (DISPONIBILIDAD - CONFIABILIDAD)

TRUJILLO, 2020

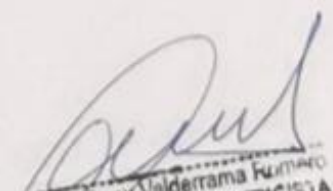
Yo... OSCAR DANY VALDERRAMA ROMERO
..... con DNI N° 43734255 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento - Caldera - Pe Fos.

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


Oscar Dany Valderrama Romero
ING. MECANICO ELECTRICISTA
R. CIP. N° 190365

ANEXO 08. Formato de los 5 por ques.

P 01		P 02		P 03		P 04		P 05			
PROBLEMA A ESTUDIAR	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	¿POR QUÉ?	RESPUESTA	RESULTADO DEL ANALISIS	ACCION PROPUESTA

ANEXO 09. Validación de instrumento.

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (5 POR QUES) - TRUJILLO, 2020**

Yo Ronald Benjamin Plasencia Medina
 con DNI N° 18858558 de profesión
Ing. Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Ronald Benjamin Plasencia Medina
 ING. MECANICO/ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 191536

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (5 POR QUES) - TRUJILLO, 2020**

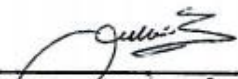
Yo Ruben Dario Barboza Ordoñez
 con DNI N° 43278113 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


RUBEN DARIO BARBOZA ORDOÑEZ
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP N° 182283

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (5 POR QUES) - TRUJILLO, 2020**

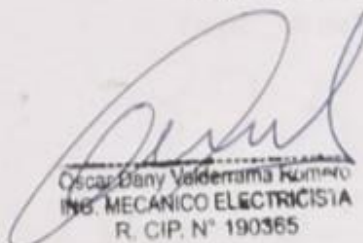
Yo OSCAR DANY VALDERAMA ROMERO
 con DNI N° 43734255 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento - Calocera - Pta Fza.

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Oscar Dany Valderrama Romero
 INE MECÁNICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 190365

ANEXO 10. Formato Plan de Mantenimiento.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO	PARTE	COMPONENTES MECÁNICOS	FRECUENCIA					
			DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL

ANEXO 11. Validación de Instrumento.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS (PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO) -

TRUJILLO, 2020

Yo Ronald Benjamin Plasencia Medina
 con DNI N° 18858558 de profesión
Ing. Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Ronald Benjamin Plasencia Medina
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 191536

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO) -
TRUJILLO, 2020**

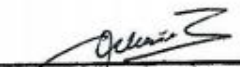
Yo Ruben Dario Barboza Ordoñez
 con DNI N° 43248113 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de mantenimiento

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


RUBEN DARIO BARBOZA ORDOÑEZ
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP N° 182283

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO) -**

TRUJILLO, 2020

Yo OSCAR DANY VALDERRAMA ROMERO
 con DNI N° 43734255 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento - Calles - Pto Fco.

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Oscar Dany Valderrama Romero
 ING. MECANICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 190385

ANEXO 12. Formato de Reporte de Inspecciones.



REPORTE DE INSPECCIONES DE OPERADOR

DESMEDULADORA MOIST

MANTENIMIENTO PLANTA PULPA

Reporte para ser llenado por el operador de turno sobre fallas o anomalías en los equipos del proceso productivo en inspección diaria.

ÍTEM	NOMBRE DE EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FALLA DETECTADA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	HORA	FECHA
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

ANEXO 13. Validación de Instrumento.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS (REPORTE DE INSPECCIONES) - TRUJILLO, 2020

Yo... Ronald Benjamín Plasencia Medina
 con DNI N° 18958558 de profesión
Ing. Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento Mecánico

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


 Ronald Benjamín Plasencia Medina
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 191536

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (REPORTE DE INSPECCIONES) - TRUJILLO, 2020**


Yo Ruben Darío Barboza Ordoñez
 con DNI N° 43278113 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


RUBEN DARÍO BARBOZA ORDOÑEZ
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP N° 182283

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO USADO PARA LA
RECOLECCIÓN DE DATOS (REPORTE DE INSPECCIONES) - TRUJILLO, 2020**

Yo Oscar Dany Valderrama Romero
 con DNI N° 43734255 de profesión
Ingeniero Mecánico Electricista ejerciendo actualmente como
Supervisor de Mantenimiento - Calera - Hto. Pta.

Por medio de la presente, hago constar que he revisado con fines de Validación de Instrumento, a los efectos de su aplicación del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos en desmeduladora Moist - empresa Trupal S.A.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia en los Ítems.			X	
Amplitud de Contenido			X	
Redacción de los temas			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Trujillo, 14 de DICIEMBRE del 2020


Oscar Dany Valderrama Romero
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
 R. CIP. N° 190385

ANEXO 14. Correo corporativo usado para comunicación de Fallas.

The screenshot shows an Outlook window titled "RV: Reposición de Molino Desmeduladora en Casa Grande. - Mensaje (Texto enriquecido)". The interface includes a ribbon with tabs for "Archivo" and "Mensaje", and a toolbar with various actions like "Ignorar", "Eliminar", "Responder", "Reunión", "Mover", "Reglas", "OneNote", "Acciones", "Marcar como no leído", "Categorizar", "Seguimiento", "Traducir", "Buscar", "Relacionadas", "Seleccionar", "Zoom".

The email header shows the sender as "Plasencia Medina, Ronald (Trupal S.A.)" with the email address "plasencia1209@hotmail.com". The subject is "RV: Reposición de Molino Desmeduladora en Casa Grande." and the date is "miércoles 16:02".

The body of the email contains the following text:

<Mensaje: RV: MAQUINADO PIEZAS VARIAS MOLINO 1 DESMEDULADORA CASA GRANDE >>
Oscar, favor de acelerar los cuadros comparativos.
Gracias.
Atte.
<Objeto OLE: Picture (Device Independent Bitmap) >>

Below the main text, there is a section for the email's metadata:

De: Solano Silva, Daniel (Trupal S.A.)
Enviado el: viernes, 17 de julio de 2020 13:25
Para: Plasencia Medina, Ronald (Trupal S.A.) <rmplasencia@trupal.com.pe>
CC: Alvites Vasquez, Luis (Trupal S.A.) <lalvites@trupal.com.pe>; Flores Alegria, Mirko (Trupal S.A.) <mfloresa@trupal.com.pe>; Diaz Briones, Luis (Trupal S.A.) <ldiazb@trupal.com.pe>; Diaz la Torre, Nelson (Trupal S.A.) <nldiaz@trupal.com.pe>
Asunto: Reposición de Molino Desmeduladora en Casa Grande.

The email body continues with:

Estimado Ing. Ronald.
Estamos limitado en producción en Casa Grande debido a la falta de 1 molino por cambio de polea y la falta de el accionamiento (motoreductor) de la compuerta E.
Por favor tu apoyo para acelerar estos trabajos.
Saludos.
<Objeto OLE: Picture (Device Independent Bitmap) >>

At the bottom of the email body, there is a disclaimer:

El sistema de correo electrónico de la empresa, de acuerdo a su Política Corporativa de Seguridad, está destinado únicamente para fines del negocio, cualquier otro uso contraviene las políticas de la organización. Toda la información del negocio contenida en este mensaje es privada y de uso exclusivo de la empresa. Su divulgación, copia y/o adulteración están prohibidas y sólo debe ser conocida por la persona a quien se dirige este mensaje. Si Ud. ha recibido este mensaje por error por favor proceda a eliminarlo y notificar al remitente.

Below the disclaimer, there is another identical disclaimer.

The Windows taskbar at the bottom shows the date and time as "22/10/2020 09:10".

ANEXO 15. Indicadores de Disponibilidad y Confiabilidad Mensual.

ENERO								
CUADRO DE HORAS DE TRABAJO / DISPONIBILIDAD / CONFIABILIDAD								
EQUIPO	HORAS DISPONIBLES DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	NUMERO DE PARADAS	TIEMPO DE PARADAS (HORAS)	MTBF (HORAS)	MTTR (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)	CONFIABILIDAD (%)
CONDUCTOR HORIZONTAL DE BAGAZO	720.00	400.00	3.00	80.00	133.33	26.67	83.33	97.04
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAZO	720.00	400.00	10.00	80.00	40.00	8.00	83.33	90.48
FAJA DE RETORNO DE BAGAZO	720.00	400.00	3.00	80.00	133.33	26.67	83.33	97.04
ALIMENTADOR ROTATIVO 01 DE BAGAZO	720.00	360.00	2.00	120.00	180.00	60.00	75.00	97.80
ALIMENTADOR ROTATIVO 02 DE BAGAZO	720.00	375.00	3.00	105.00	125.00	35.00	78.13	96.85
ALIMENTADOR ROTATIVO 03 DE BAGAZO	720.00	350.00	3.00	130.00	116.67	43.33	72.92	96.63
ALIMENTADOR ROTATIVO 04 DE BAGAZO	720.00	375.00	2.00	105.00	187.50	52.50	78.13	97.89
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 01	720.00	360.00	32.00	120.00	11.25	3.75	75.00	70.08
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 02	720.00	375.00	21.00	105.00	17.86	5.00	78.13	79.93
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 03	720.00	350.00	35.00	130.00	10.00	3.71	72.92	67.03
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 04	720.00	375.00	20.00	105.00	18.75	5.25	78.13	80.79
FAJA DE ACEPTADOS	720.00	395.00	8.00	85.00	49.38	10.63	82.29	92.22
CONDUCTOR DE INCLINADO DE FIBRA	720.00	393.00	3.00	87.00	131.00	29.00	81.88	96.99
FAJA PRINCIPAL DE FIBRA	720.00	400.00	6.00	80.00	66.67	13.33	83.33	94.18
TRANSPORTE DE MEDULA DE BAGAZO	720.00	395.00	3.00	85.00	131.67	28.33	82.29	97.01
FAJA DE MEDULA A CALDERA	720.00	398.00	2.00	82.00	199.00	41.00	82.92	98.01

FEBRERO								
CUADRO DE HORAS DE TRABAJO / DISPONIBILIDAD / CONFIABILIDAD								
EQUIPO	HORAS DISPONIBLES DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	NUMERO DE PARADAS	TIEMPO DE PARADAS (HORAS)	MTBF (HORAS)	MTTR (HORAS)	DISPONIBILIDAD (%)	CONFIABILIDAD (%)
CONDUCTOR HORIZONTAL DE BAGAZO	720.00	320.00	2.00	160.00	160.00	80.00	66.67	98.02
CONDUCTOR INCLINADO DE BAGAZO	720.00	320.00	9.00	160.00	35.56	17.78	66.67	91.39
FAJA DE RETORNO DE BAGAZO	720.00	320.00	3.00	160.00	106.67	53.33	66.67	97.04
ALIMENTADOR ROTATIVO 01 DE BAGAZO	720.00	160.00	3.00	320.00	53.33	106.67	33.33	94.18
ALIMENTADOR ROTATIVO 02 DE BAGAZO	720.00	302.00	2.00	178.00	151.00	89.00	62.92	97.90
ALIMENTADOR ROTATIVO 03 DE BAGAZO	720.00	290.00	3.00	190.00	96.67	63.33	60.42	96.74
ALIMENTADOR ROTATIVO 04 DE BAGAZO	720.00	300.00	3.00	180.00	100.00	60.00	62.50	96.85
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 01	720.00	160.00	13.00	320.00	12.31	24.62	33.33	77.11
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 02	720.00	302.00	18.00	178.00	16.78	9.89	62.92	82.64
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 03	720.00	290.00	22.00	190.00	13.18	8.64	60.42	78.45
MOLINO DESMEDULADOR EN SECO 04	720.00	300.00	15.00	180.00	20.00	12.00	62.50	85.22
FAJA DE ACEPTADOS	720.00	315.00	2.00	165.00	157.50	82.50	65.63	97.99
CONDUCTOR DE INCLINADO DE FIBRA	720.00	320.00	2.00	160.00	160.00	80.00	66.67	98.02
FAJA PRINCIPAL DE FIBRA	720.00	320.00	3.00	160.00	106.67	53.33	66.67	97.04
TRANSPORTE DE MEDULA DE BAGAZO	720.00	320.00	2.00	160.00	160.00	80.00	66.67	98.02
FAJA DE MEDULA A CALDERA	720.00	320.00	1.00	160.00	320.00	160.00	66.67	99.01

ANEXO 16. Cuadro de Ponderaciones de valores de Riesgo.

TABLA DE EVALUACIÓN DEL AMEF					
SEVERIDAD		OCURRENCIA		DETECTABILIDAD	
10	El problema afecta significativamente al cliente externo. Ha afectado varios procesos y se generan retrabajos para corregirlo. El proceso debe repetirse.		El problema se presenta diario.		Al ocurrir el problema, éste nunca es detectado en el proceso.
9	El problema afecta significativamente al cliente externo, afecta varios procesos y genera retrabajos, sin embargo, no es necesario repetir el proceso.		El problema se presenta cada 3 días.		En más de una etapa del proceso se lleva a cabo una revisión al 100% buscando detectar y corregir el problema.
8	El problema ocasiona que el proceso genere resultados negativos para el cliente externo, sin embargo, el impacto para el cliente es menor.		El problema se presenta cada semana.		En una de las etapas del proceso se lleva a cabo una revisión al 100% buscando detectar y corregir el problema.
7	El problema genera retrabajos, retrasos, afecta otros procesos y al cliente interno (otras áreas).		El problema se presenta cada 2 semanas.		En algunas etapas del proceso se realizan revisiones para identificar el problema sin que existan medios que permitan identificar rápidamente cuando el problema ha ocurrido.
6	El problema genera retrabajos considerables, se ocasionan retrasos y se afecta el desempeño de otros procesos.		El problema se presenta cada 3 semanas.		Se cuenta con mecanismos (andón) que hagan evidente que el problema ha ocurrido, sin embargo, depende de revisiones una vez al día.
5	El problema genera retrabajos considerables dentro del proceso ocasionando retrasos. Se evitan aún las afectaciones a otros procesos.		El problema se presenta cada mes.		Se cuenta con mecanismos (andón) que hagan evidente que el problema ha ocurrido, sin embargo, depende de revisiones informales varias veces al día.

4	El problema genera retrabajos menores dentro del proceso ocasionando retrasos. Se evitan aún las afectaciones a otros procesos.	El problema se presenta cada 2 meses.	Se cuenta con mecanismos (andón) que hagan evidente que el problema ha ocurrido, sin embargo, depende de revisiones continuas durante el día.
3	El problema es percibido en el proceso y por el cliente, las implicaciones son menores y puede continuarse el proceso de manera regular.	El problema se presenta cada 3 meses.	Se tienen identificadas las principales variables causa del problema y se tienen controles enfocados en detectarlas, sin embargo, no se tiene algún mecanismo automático que lo detecte en un 100%.
2	El problema es percibido en el proceso, sin embargo, el proceso puede continuar sin afectar al cliente interno o externo.	El problema se presenta cada seis meses.	El problema puede surgir y es detectado en un 100%, sin embargo, no se elimina la posibilidad de que se afecte al cliente interno o externo.
1	El problema es imperceptible y no genera problemas para el proceso ni para el cliente interno o externo.	El problema se presenta una vez al año o más.	El problema es detectado en un 100% por un medio automático y/o electrónico y es imposible que se afecte al cliente interno o externo.

ANEXO 17. Cruceta de Molino Desmedulador



ANEXO 18. Cuchilla Plana



ANEXO 19. Cotización de oreja de soporte con material ASTM A-36



GLORIA 048/2020 COTIZACION

Lima, 19 de Junio del 2020

Señores

TRUPAL S.A

RUC 20100190797

Contacto: Sr. Fidel Huachallanqui

Estimado señores :

Por medio del presente tenemos el agrado de cotizarle lo siguiente según petición N°4102278412:

<u>Pos</u>	<u>Cant</u>	<u>Und</u>	<u>Codigo</u>	<u>Descripcion</u>	<u>Precio</u> <u>Unit</u>	<u>Total</u>
10	25	Und	6166640	OREJAS-FLIGHT WING F-2184-2-9/16"X2"X5-5/64" S/PLANO: MM-5374, MATERIAL: ASTM A-36	S/. 65.00	1,625.00
VALOR TOTAL S/.						1,625.00

Plazo de entrega :10 días previa recepción de la orden de compra.

Precio En Soles , No incluye IGV

Condiciones Factura 30 días

Valides de oferta : 07 días

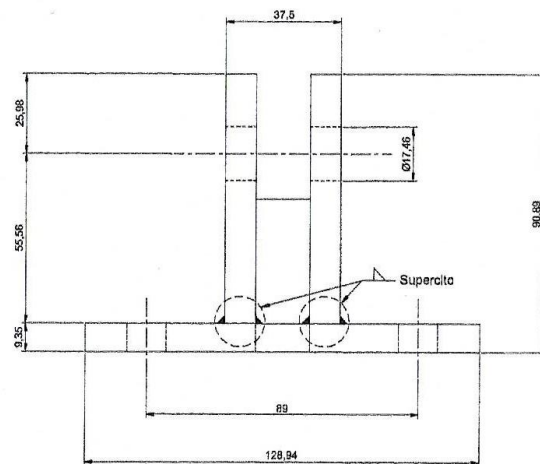
En espera de vernos favorecidos con su importante orden quedamos de Usted .

Atentamente

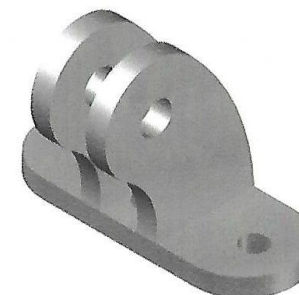
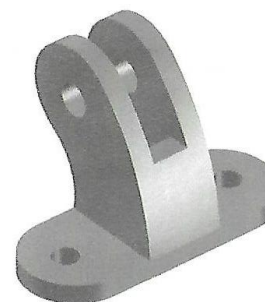
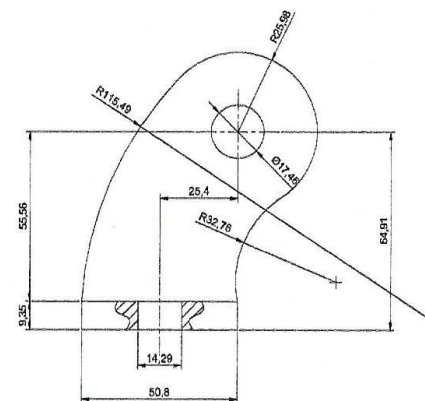
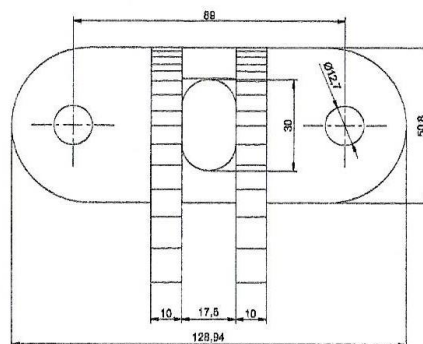
Antonio Anzualdo

RPC 997531364

ANEXO 20. Plano de fabricación de oreja de soporte



FLIGHT WINGS



 TRUPAL S.A.				Centro	PLANTA TRUJILLO	
Jefe de Mantenimiento				Máquina	PLANTA DE PULPA	
Ing. M. Flores A.				Equipo	TRANSPORTADOR DE PALETAS	
Superv. Mantenimiento				Pieza	FLIGHT WINGS	
VºBº				Dibujado	Nº Plano Catálogo	Formato
VºBº				MRA		A4
Rev. N°	Fecha	Revisor	Observaciones	Fecha	Código de Parte	Cod. SAP
Rev. 1				21.Mayo.2018		6166640
Rev. 2				Escala	Nº de PLano	Clase
Rev. 3				1/2":1"		
Rev. 4				Proyección	MM-5374	5747226
Rev. 5						